



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ -
СКОПЈЕ**

**ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИЧКИ НАУКИ
И КОМПЈУТЕРСКО ИНЖЕНЕРСТВО**



м-р Татјана Василева-Стојановска

**Неуро-фази моделирање на адаптивен видеоконференциски систем за
далечинско учење**

- докторска дисертација -

Скопје, 2015 година

Ментор:

Проф. д-р Владимир Трајковиќ, ФИНКИ – Скопје

Комисија за оцена и одбрана:

1. Проф. д-р Данчо Давчев, ФИНКИ – Скопје, претседател
2. Проф. д-р Владимир Трајковиќ, ФИНКИ – Скопје, ментор
3. Проф. д-р Верица Бакева, ФИНКИ – Скопје, член
4. Проф. д-р Ана Мадевска Богданова, ФИНКИ – Скопје, член
5. Вонр. проф. д-р Андреа Кулаков, ФИНКИ – Скопје, член

Датум на одбрана:

Датум на промоција:

Дисертацијата е од областа на техничките науки

*Посветено на моите родители,
Васил и Драгица Василеви*

Tatjana Vasileva-Stojanovska, M.Sc.

Neuro-fuzzy modeling of adaptive videoconferencing distance learning system

ABSTRACT: The modern research approaches on educational models express tendency for gradual shift from the traditional teacher-centered pedagogies towards models that place the student in the center of the learning proces. The later approaches aim to create educational environments where students acquire knowledge through direct experience with the educational activities, therefore developing creativity, active research, originality, cooperativity and team work for problem solving. This approach leads to enhanced motivation, persistence and dedication of the students involved in the educational activities. These qualities are needed to acheive success and retain the student in the educational process.

Open and distance learning is a flexible aproach that brings the educational process closer to the students, exceeding the space time limitations of the regular formal education and offering open and flexible approach to the educational content to a broader structure of educational consumers. These open systems evolve in time towards the modern student-centered systems integrated in the regular education. The blended educational programs appeared lately, offering educational programs partly implemented as a traditional formal setup and partly employing open online systems. These systems aim to respond to the educational needs of broader class of students and improve the individual experience of the student with the educational process. The perceived sattisfaction during the interaction with the system is a valuable component that influences the overall acceptance of the educational system and the overal success of the system. Subjective perception of the educational process supported with a technology or product quantifies a measure known as "Quality of Experience" defined as a measure of the subjective user perception on the overall system acceptance.

This thesis makes an attempt to identify the subjective and objective factors influencing the Quality of Experience. The objective factors arise from the effects of the system on the user's perception, classified as Network and Application Quality of Service. The subjective factors concern the user's expectations, perception and experience with the system. The majority of the research known in the literature, approach the Quality of Experience through its corelation to the objective factors consisting the Quality of Service. In this thesis the Quality of Experience is investigated regarding both objective and subjective factors including personality traits and learning style that are considered to have impact on the perceived Quality of Experience. Having identified the input factors of both subjective and objective nature, a neuro-fuzzy model for Quality of Experience is proposed and developped using the ANFIS soft technique for system identification from the set of input/output data available. The model performances are validated using the standard

statistical measures RMSE, MAPE and R^2 . The obtained results are competitive with the results previously reported in the literature.

The research in this thesis goes further to explore the effect of the student perception and the subjective factors including learning style and personality traits on educational outcomes. Besides the construction of the ANFIS models to predict the academic performance and the transferable skills, two complementary statistical models utilizing linear regression technique are constructed as well. The comparison between the soft and statistical models showed that the ANFIS soft techniques outperform the statistical techniques for prediction of educational outcomes.

The results from this thesis contribute towards detailed understanding of the constructs determining and affecting the Quality of Experience, as well as the impact of the personality traits and the individual differences on educational outcomes. These conclusions further contribute towards understanding and construction of adaptive educational systems adjustable to the individual preferences of the students for achieving optimal educational results.

KEYWORDS: Quality of Experience, Quality of Service, Blended learning, neuro-fuzzy computing, linear regression, educational outcomes

М-р Татјана Василева-Стојановска

Неуро-фази моделирање на адаптивен видеоконференциски систем за далечинско учење

РЕЗИМЕ: Модерните пристапи во истражувањето на едукативните модели се повеќе тежнеат кон постепено поместување од традиционалните наставник-ориентирани педагогии кон модели во кои ученикот е поставен во центарот на едукативниот процес. Целта е знаењето да се стекнува преку директно искуство во едукативните активности, со што се развива креативноста кај учениците, се форсира активното истражување, оригиналноста, кооперативноста и тимската работа за извршување на зададените задачи. На таков начин се постигнува зголемена мотивација, истрајност и посветеност на ученикот во едукативните активности кои се нужен предуслов за да се постигне успех и да се задржи интересот на ученикот во едукативниот процес. Отвореното и образованието на далечина претставува еден флексибилен пристап со кој се приближува едукативниот процес кон учениците, преку надминување на просторно временските ограничувања присутни кај редовното формално образование нудејќи отворен и флексибилен пристап до едукативните програми кај поширока структура на едукативни конзументи. Овие образовни системи со тек на времето еволуираат во модерни ученик-ориентирани системи кои се повеќе се интегрираат во редовното образование, при што се појавуваат едукативни програми кои овозможуваат мешан едукативен пристап во кој дел од наставата се одвива во формални услови а дел преку отворени онлајн системи. Овие системи имаат за цел да одговорат на едукативните потреби на секој ученик и со тоа да овозможат подобрување на индивидуалното искуство на ученикот со едукативниот процес. Вооченото задоволство при интеракцијата со едукативниот систем претставува значаен елемент кој влијае врз прифатеноста на едукативниот систем од страна на учесниците во истиот, а со тоа и врз успехот на учениците како и врз севкупниот успех на едукативниот систем. Субјективната перцепција на задоволството во едукативниот процес во кој е вклучена одредена технологија или прозивод се изразува како "Квалитет на Искуство" и се дефинира како мерка за севкупната прифатливост на технологијата или сервисот од страна на корисникот.

Во оваа теза е направен обид да се идентификуваат факторите од објективна и субјективна природа кои влијаат врз Квалитетот на Искуство. Објективните фактори произлегуваат од ефектите на системот врз корисникот класифицирани како Мрежен и Апликативен Квалитет на Сервис, додека пак субјективните произлегуваат од очекувањата, перцепцијата и искуството на корисникот со системот. За разлика од досегашните истражувања кои во најголем дел пристапуваат кон Квалитетот на Искуство преку опишување на неговата корелација со Квалитетот на Сервис, во оваа теза се воведени и психолошките

компоненти на личноста како фактори од субјективна природа кои нужно влијаат врз воочениот Квалитет на Искуство на корисникот. Врз база на идентификуваните фактори е изграден неуро-фази модел за предвидување на Квалитетот на Искуство користејќи ја ANFIS меката техника за идентификација на системот од множеството на влезно излезни податоци на параметрите на системот. Перформансите на моделот се валидирани со помош на стандардните статистички мерки RMSE, MAPE и R^2 , при што постигнатите резултати се компетитивни со резултатите објавени во литературата од претходни истражувања на Квалитетот на Искуство. Понатаму во тезата се истражува како перцепцијата на едукативниот систем заедно со субјективните фактори класифицирани како стил на учење и карактеристики на личноста влијаат врз едукативните резултати во смисла на академски успех и преносливи вештини. За таа цел покрај ANFIS моделите за предвидување на образовните резултати, се конструирани и статистички модели користејќи линеарна регресија, кои покажаа дека меките техники даваат подобри перформанси во предвидувањето на образовните резултати од соодветните статистички техники.

Резултатите од оваа теза придонесуваат кон подетално разбирање на севкупните конструкти кои го определуваат и предвидуваат Квалитетот на Искуство, како и влијанието на личноста и индивидуалните разлики врз образовните резултати на индивидуите, што допринесува кон разбирање и конструкција на едукативни системи со адаптивна околина приспособена на индивидуалните афинитети на секоја индивидуа за постигнување на оптимални едукативни резултати.

КЛУЧНИ

ЗБОРОВИ: квалитет на искуство, квалитет на сервис, мешано образование, неуро-фази техники, линеарна регресија, образовни резултати

Докторската дисертација е изработена на Факултетот за информатички науки и компјутерско инженерство во Скопје, Република Македонија.

Посебна благодарност до менторот проф. д-р Владимир Трајковиќ за неговото залагање, внимание и времето посветено при изработката на докторската дисертација.

Благодарност до проф.д-р Зоран Стојановски за насоките и помошта во истражувањата од областа на едукативната психологија.

Благодарност до моите коавтори Тони Малиновски и Марина Василева за соработката во заедничките истражувања.

Благодарност до мојата фамилија за љубовта, разбирањето и трпението при изработката на оваа дисертација.

СОДРЖИНА

ГЛАВА 1	1
Вовед	1
1.1 Мотивација за изработка на докторската дисертација	1
1.2 Придобивки од докторската дисертација	2
1.3 Структура на докторската дисертација	4
1.4 Листа на објавени трудови поврзани со докторската дисертација	5
ГЛАВА 2	7
Образование, пристапи и модели	7
2.1 Формално и неформално образование	7
2.2 Наставник-ориентиран наспроти Ученик-ориентиран пристап на учење	8
2.3 Отворено и далечинско учење	10
2.4 Мешано учење	13
2.5. Учење преку игри	16
2.6. Бабини игри	18
ГЛАВА 3	22
Образовни резултати	22
3.1 Академски перформанси	23
3.2 Преносливи вештини и вештини на 21ви век	24
3.3 Индивидуални разлики	26
3.3.1 Фактори кои влијаат на образовните резултати	28
3.3.2 Когнитивни способности	29
3.3.3 Стил на Учење	31
3.3.4 Карактеристики на личноста	35
3.4 Задоволство во образовниот процес	37
3.5 Квалитет на учење	38
ГЛАВА 4	40
Квалитет на искуство (QoE)	40
4.1 Објективен и субјективен начин на оценување на квалитетот на искуство	42
4.2 Квалитет на Сервис	43
4.3 МОС метод	45
4.4 QoE наспроти QoS	46

4.5 Слоевит пристап за обезбедување на квалитет на искуство	46
4.6 Мешани методи и употреба на вештачка интелигенција за оценување на Квалитет на Искуство	47
4.7 Фактори кои влијаат на квалитетот на искуство.....	49
ГЛАВА 5	50
Неуро-Фази и Меки модели за идентификација на системи и изведување заклучоци...50	
5.1 Техники за идентификација на системи	52
5.2 Фази логика и фази системи за изведување заклучоци.....	53
5.3 Невронски мрежи	56
5.4 Адаптивни Неуро-Фази системи	59
5.5 Адаптивен Неуро-Фази Систем за Изведување Заклучоци (ANFIS).....	61
5.6 Моделирање со Неуро-Фази системи.....	63
ГЛАВА 6	65
Статистички модели за предвидување (регресиона анализа).....	65
6.1 Едноставна линеарна регресија	65
6.2 Повеќекратна линеарна регресија	67
6.3 Тестирање на хипотези	67
6.4 Оценка на точноста на моделот	69
ГЛАВА 7	70
Моделирање на ученик-ориентиран мешано образовен систем за постигнување на оптимални образовни резултати.....	70
7.1 Цели на студијата	70
7.2 Мешано едукативно сценарио	70
7.2.1 Учење преку игри.....	70
7.2.2 Синхроно далечинско учење (Видеоконференции).....	71
7.3 Учесници.....	71
7.4 Моделирање на систем за предвидување на Квалитетот на Искуство во мешано едукативно сценарио.....	72
7.4.1 Поставување на ANFIS моделот	72
7.4.2 Влезни и излезни променливи	72
7.4.2.1 Квалитет на Сервис.....	73
7.4.2.2 Карактеристики на личноста.....	73
7.4.2.3 Стил на учење.....	73

7.4.2.4	Квалитет на искуство	74
7.4.2.5	Процедура	74
7.4.3	Тренирање на системот	75
7.4.4	Валидација на моделот	77
7.4.5	Резултати и дискусија за моделот за предвидување на Квалитет на Искуство	78
7.4.6	Предвидување на Квалитет на Искуство со линеарна регресија.....	82
7.5	Моделирање на систем за предвидување на образовните резултати во мешано едукативно сценарио.....	83
7.5.1	Поставување на ANFIS моделите за предвидување на академски перформанси и преносливи вештини.....	83
7.5.2	Влезни и излезни променливи	84
7.5.2.1	Карактеристики на личноста.....	85
7.5.2.2	Стил на учење.....	85
7.5.2.3	Задоволство од едукативните активности	86
7.5.2.4	Академски успех	86
7.5.2.5	Преносливи вештини	86
7.5.2.6	Процедура	86
7.5.3	Иницијализација на структурата и тренирање на системите.....	87
7.5.4	Резултати и дискусија за моделот за предвидување на образовните резултати	88
7.5.5	Предвидување на образовните резултати со линеарна регресија	93
7.5.5.1	Дизајн на моделите со линеарна регресија.....	93
7.5.5.2	Резултати од моделите со линеарна регресија	94
7.5.6	Споредба на ANFIS моделитеи моделите на линеарна регресија	95
7.6	Дискусија и споредба со други модели познати во литературата.....	96
7.7	Ограничувања на студијата.....	96
ГЛАВА 8	.....	98
Заклучок	.....	98
Литература	.....	99
ДОДАТОК А	.....	107
ДОДАТОК Б	.....	109

ЛИСТА НА СЛИКИ:

Слика 1: Модели на мешано учење.....	15
Слика 2: Рамка на каузална врска помеѓу Квалитет на Искуство и Квалитет на Сервис	41
Слика 3: Пристапи за мерење на квалитетот на мрежен сервис од перспектива на крајниот корисник.....	47
Слика 4: Белова функција на припадност	54
Слика 5: Фази систем за изведување заклучоци.....	55
Слика 6: Архитектура на адаптивна невронска мрежа	57
Слика 7: ANFIS архитектура на систем со две влезни и една излезна променлива и Сугено фази правила од прв ред.....	61
Слика 8: Графички приказ на линеарна регресија.....	66
Слика 9: Споредба на грешките при тренирање и проверка на ANFIS-g4	80
Слика 10: Споредба на актуелните и предвидените излезни вредности од ANFIS-g4 ...	80
Слика 11: Ефектот на VARK и E3 врз QoE	81
Слика 12: Ефектот на N1 и E3 врз QoE	81
Слика 13: Ефектот на N1 и Jit врз QoE	82
Слика 14: Грешки при тренирање и проверка на ANFIS-ap.....	89
Слика 15: Грешки при тренирање и проверка на ANFIS-ts	89
Слика 16: Споредба на актуелните и предвидените излезни вредности од ANFIS-ap ...	89
Слика 17: Споредба на актуелните и предвидените излезни вредности од ANFIS-ts	90
Слика 18: Ефектите на Sat и E3 врз AP.....	90
Слика 19: Ефектите на Sat и R врз AP	91
Слика 20: Ефектите на Sat и K врз AP	91
Слика 21: Ефектите на N1 и E3 врз TS	92
Слика 22: Ефектите на N1 и Sat врз TS.....	92
Слика 23: Ефектите на Sat и R врз TS.....	93
Слика 24: Ефектите на Sat и K врз TS.....	93

ЛИСТА НА ТАБЕЛИ:

Табела 1: Споредба помеѓу наставник -ориентиран и ученик-ориентиран пристап на учење	9
Табела 2: Обезбедување на квалитет на сервис за интерактивно и проточно видео	44
Табела 3: Пресликување на параметрите од мрежниот квалитет на сервис во MOS вредности за видеоконференција (VC) и видео проток (VS)	44
Табела 4: Средна Оценка на Мислењето (MOS).....	45
Табела 5: Фазите на работа на хибридниот алгоритам за неуро-фази моделирање.....	64
Табела 6: Класификација на карактеристиките на личноста според HANES методологијата	73
Табела 7: Профили на стил на учење според VARK методологијата.....	73
Табела 8: Листа на Влезно/Излезни променливи во ANFIS моделот	74
Табела 9: Споредба на структурата на ANFIS-s7, ANFIS-s4 и ANFIS-g4.....	76
Табела 10: Споредба на RMSE, MAPE и R^2 на ANFIS-s7, ANFIS-g4 и ANFIS-s4	78
Табела 11: Моделот на линеарна регресија LR-7	82
Табела 12: <i>t</i> -статистика на коефициентите на LR-7	83
Табела 13: Листа на Влезно/Излезни променливи во ANFIS моделот за предвидување на AP и TS.....	87
Табела 14: Иницијална структура на ANFIS-ap и ANFIS-ts	87
Табела 15: Перформансите на ANFIS-ap и ANFIS-ts	88
Табела 16: Моделите на линеарна регресија LR-ap и LR-ts	93
Табела 17: <i>t</i> -статистика за коефициентите на LR-ap и LR-ts.....	94
Табела 18: Корелација помеѓу карактеристиките на личноста (N1, E3), стилот на учење (V, A, R, K), задоволството (Sat) и едулативните резултати (AP и TS).....	95

ГЛАВА 1

Вовед

1.1 Мотивација за изработка на докторската дисертација

Воведувањето на модерните технолошки решенија во редовното образование претставува неопходен услов за да се излезе во пресрет на потребите на современиот ученик, кои произлегуваат од знаењата и вештините неопходни за понатамошна успешна кариера и живот во современата глобална светска економија. Интегрирањето на технологијата во модерните отворени едукативни системи овозможува надминување на лимитите на просторно временска ограниченост како и надолжување и надградување на едукацијата во текот на целиот живот за да се одговори на брзите промени и флукуација на работни места во современиот свет. Еден од основните предизвици на отворените технолошки опремени едукативни системи е обезбедување на едукативна околина која ќе ги мотивира и задржи учениците во образовниот процес (Moore, 2005). Прифатливоста на едукативниот систем мора да биде сведена на ниво на “едукативен уред” (Vouk, Bitzer, & Klevans, 1999), кој е способен да се приспособи кон едукативните потреби на секоја индивидуа преку обезбедување на едноставни интерфејси, активна персонализација на околината, достапност до системот и соодветни лесни упатства за користење, без да го отргнува неговото внимание од едукативните активности кон непотребни детали (Allen et al. 2004; Liu, Liao & Pratt, 2009; Shachar, 2008). Ефектите на едукативните системи врз задоволството на корисникот директно влијаат врз неговата спремност за користење на истиот како и врз постигнувањето на академскиот успех (Havice et al., 2010; Samdal, Wold & Bronis, 1999; Henry, 2008; Grayson, 2004; Chow, 2003; Eom & Arbaugh, 2011; Mustafa & Chiang, 2006). Затоа при конструирањето на едукативните системи од особена важност е да се обрати внимание на прифатливоста и спремноста на крајните корисници за користење на системот кои се изразуваат како задоволство при користење на системот.

Проучувањето на задоволството при интеракцијата на ученикот со одредена технологија или сервис вклучени во едукативниот процес се квантифицира како “Квалитет на Искуство”, и истиот претставува мерка чија што основна компонента е субјективната перцепција на корисникот за прифатливоста на системот. Досегашните истражувања му приоѓаат на оценувањето на Квалитетот на Искуство на два начини и тоа субјективен и објективен (Patrick et al. 2004; Siller & Woods, 2003). Субјективниот пристап се сведува на орделување на метриката “Средна Оценка на Мислењето” (“Mean Opinion Score”) преку презентирање на анкети во кои корисниците го оценуваат субјективното искуство при интеракцијата со системот (Egger et al., 2010; Venkataraman, Chatterjee & Chattopadhyay, 2009). Објективните пристапи во оценувањето на Квалитетот на Искуство произлегуваат од неефикасноста на MOS методот во смисла на време и цена. Објективните пристапи пробуваат да го надминат тој проблем преку проучување на корелацијата на Квалитетот на Искуство со параметри кои се објективно мерливи и заеднички се класифицирани како “Квалитет на Сервис” (Kuipers et al., 2010; Wu et al., 2009; Klaue, Rathke & Wolisz, 2003; Khan, Sun & Ifeakor, 2008; Siller & Woods, 2003). Но објективната квантификација на Квалитетот на Искуство ја занемарува субјективната психолошка компонента на корисникот заради која различни корисници имаат различно искуство со истиот систем што е резултат на нивните специфични очекувања и перцепции на системот.

Поттикнати од истражувањата во едукативната психологија кои се однесуваат на улогата на индивидуалните разлики и задоволството врз едукативните резултати, произлезе идејата да се направи обид за оценување на Квалитетот на Искуство во едно мешано едукативно сценарио, со заедничко вклучување на објективните фактори кои произлегуваат од Квалитетот на Сервис и субјективните фактори кои произлегуваат од стилот на учење и карактеристиките на личноста. На таков начин се добива сеопфатен модел во кој параметрите од субјективна и објективна природа кои влијаат на Квалитетот на Искуство се квантифицирани со соодветни метрики од кои може да се предвиди воочениот Квалитетот на Искуство, а од друга страна се надминува неефикасноста на MOS ориентираните пристапи. За утврдување на влијанието на факторите од субјективна природа врз едукативните резултати, понатаму е предложен модел кој врз основа на задоволството, стилот на учење и карактеристиките на личноста може да ги предвиди академскиот успех и преносливите вештини на учениците вклучени во мешаното едукативно сценарио.

Во оваа теза се опфаќаат следниве аспекти во проучувањето на Квалитетот на Искуство и едукативните резултати:

- преглед на развојот на методологиите и пристапите во формалната едукација и современите поместувања од наставник-ориентирани кон ученик-ориентирани педагошки пристапи
- осврт и анализа на досегашните истражувања за факторите од технолошки и психолошки аспект кои влијаат врз образовните резултати, како и пристапите кон едукативните потреби на современите ученици
- примена на резултатите од едукативната психологија за идентификација и конструкција на модели за предвидување на Квалитетот на Искуство и едукативните резултати во мешано едукативно сценарио
- методолошка компарација на неуро-фази техниките и статистичките техники употребени за моделирање на системите за предвидување на Квалитетот на Искуство и едукативните резултати
- дизајн и имплементација на студија на случај (case study) за директно проучување на предложените модели во реално едукативно сценарио
- валидација на моделите со помош на стандардни статистички мерки за релативна грешка како и точност на предвидување
- компарација на резултатите од предложените модели со резултатите претходно изложени во литературата

1.2 Придобивки од докторската дисертација

Во оваа теза за првпат е направен обид за третирање на Квалитетот на Искуство преку еден мултидисциплинарен пристап, комбинирајќи ги сознанијата од диференцијалната психологија (индивидуалните разлики), едукативната психологија и телекомуникациите за да се проучи еден концепт кој во себе содржи објективни но и крајно субјективни компоненти. Во досегашните истражувања објавени во литературата, концептот на Квалитет на Искуство се третира претежно преку неговата корелација со Квалитетот на Сервис за да се објективизира неговото мерење, или пак преку MOS ориентираните пристапи кои го оценуваат Квалитетот на Искуство отпосле, односно по настанатата интеракција на корисникот со системот. Во ова теза се користи

меката техника ANFIS, која комбинирајќи ги најдобрите практики на невронските мрежи и фази системот за изведување заклучоци овозможува идентификација на системот и на фази релациите помеѓу неговите влезно излезни компоненти врз основа на множество од претходно собрани влезно излезни податоци. Предложениот модел обезбедува предвидување на Квалитетот на Искуство на идните корисници пред да се случи интеракцијата со системот. Во тој поглед ANFIS техниката е аплицирана на иновативен и уникатен начин за оценување на Квалитетот на Искуство, а добиените резултати се компетитивни со резултатите претходно објавени во литературата.

Покрај тоа во оваа теза се истражува влијанието на персоналните карактеристики и задоволството врз едукативни резултати на индивидуата, како и начините за обезбедување на оптимална едукативна околина адаптирана кон стилот и потребите на индивидуата за постигнување на максимални едукативни резултати во склад со можностите на индивидуата. Покрај предложениот ANFIS модел, релациите помеѓу поедините влезни конструкти се проучени со помош на статистички методи за да се разбере поединечното влијание на секој конструкт врз конечниот едукативен исход, како и релациите помеѓу поединечните влезни конструкти. Придонесот на оваа теза од методолошки аспект се состои во компарација на моделите конструирани со неуро-фази техники и статистички техники, при што со користење на стандардни статистички мерки се покажува предноста на неуро-фази моделирањето во однос на стандардната статистичка линеарна регресија.

Во најопшти црти, најважните придобивки од оваа теза се:

1. дизајн и имплементација на оригинално мешано едукативно сценарио, во кое едукативните активности се одвиваат преку игри во неколку технолошки надополнети едукативни поставки, меѓу кои синхронно учење со користење на видеоконференции и асинхронно учење со користење на снимени видео материјали
2. дефинирање на неуро-фази модел за предвидување на Квалитетот на Искуство на учениците вклучени во едукативните активности
3. идентификација на факторите од објективна и субјективна природа кои директно влијаат врз воочениот Квалитет на Искуство и определување на фази релациите помеѓу влезните конструкти и Квалитетот на Искуство
4. дефинирање на неуро-фази модели за предвидување на академскиот успех и преносливите вештини врз основа на карактеристиките на личноста, стилот на учење и задоволството во едукативниот процес
5. имплементација на студија на случај за конкретна проценка на предложените модели
6. валидација на предложените модели со стандардни статистички тестови за оценување на точноста на моделот
7. конструкција на статистички модели за предвидување на Квалитет на Искуство, академскиот успех и преносливите вештини и определување на ефектите на поединечните фактори врз едукативните резултати
8. компарација перформансите на предложените неуро-фази модели со стандардните статистички модели за потврдување на валидноста на моделите како и предностите на неуро-фази моделите

Резултатите добиени од предложените модели за предвидување на Квалитетот на Искуство и образовните покажуваат дека точноста на предвидување на моделите е компетитивна со резултатите објавени во претходни студии од сличен карактер.

1.3 Структура на докторската дисертација

Оваа теза е разработена во осум глави.

По воведната прва глава, во **втората** глава е даден преглед на некои основни пристапи и модели на образованието. Посебно е нагласен трендот на постепено поместување од традиционалните наставник-ориентирани пристапи кон ученик-ориентираните пристапи. Понатаму се разгледани некои од најпопуларните ученик-ориентирани пристапи како отворено и далечинско учење, мешано учење, учење преку игри како и Бабините игри како оригинален едукативен модел користен во експерименталната студија на случај во оваа теза.

Во **третата** глава е даден преглед на образовните резултати како конечни исходи од образовниот процес, при што покрај општо прифатените резултати како академски успех, се разгледани и преносливите вештини кои произлегуваат од се поактуелната потреба за примена на стекнатите вештини во текот на едукацијата во различни реални животни ситуации. Во оваа глава се разгледани и досегашните истражувања од едукативната психологија кои се однесуваат на различните фактори кои влијаат врз образовните резултати, пред се когнитивните способности, стилот на учење, карактеристиките на личноста и задоволството во образовниот процес.

Четвртата глава детално го разработува концептот на Квалитет на Искуство како субјективна перцепција на корисникот во едукативниот процес кој е поддржан со одредена технологија или сервис. Квалитетот на Искуство како квантитативен израз на степенот на задоволство на ученикот може да се разгледува од субјективен или објективен аспект и соодветно на тоа да се пристапи кон идентификација на факторите кои го детерминираат истиот. Во ова глава се разработени концептите на Квалитет на Сервис и Средна Оценка на Мислењето кои се тесно поврзани со Квалитетот на Искуство, а исто така се разгледани и досегашните истражувања и техники за оценување на Квалитетот на Искуство.

Во **петтата** глава се разработени теоретските модели за идентификација на системи и изведување на заклучоци, како невронски мрежи, фази логика и фази системи за изведување на заклучоци, како и адаптивните неуро фази системи како хибридни системи кои ги спојуваат најдобрите практики од невронските мрежи и фази системите. Во оваа глава посебно е даден осврт на ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) меката техника за моделирање, која се користи за конструирање на моделите за предвидување на Квалитетот на Искуство и образовните резултати во оваа теза.

Шестата глава дава теоретски осврт на статистичките техники за предвидување како најстандардно користени техники за опишување и предвидување на одредени феномени во општествените науки. Овде пред се е опфатена регресионата анализа и се опишани стандардните статистички мерки за оценување на валидноста на развиените модели, кои ќе се користат и за оценка на неуро-фази моделите изложени во оваа теза.

Во седмата глава е опишан конкретниот модел на ученик-ориентирано мешано образовно сценарио кое е предложено во оваа теза како и неговата практична имплементација како студија на случај. Врз основа на податоците собрани од учесниците во оваа студија се развиени, тренирани и валидирани ANFIS системите за предвидување на Квалитетот на Искуство и образовните резултати. Во оваа глава детално се опишува поставувањето на системите, идентификацијата на влезните и излезните параметри, тренирањето и валидацијата на моделите. Исто така се приложени и резултатите од стандардните статистички мерки за оценувањето на валидноста на моделите, како и дискусија за заклучоците кои произлегуваат од моделите и споредба со резултатите од досегашните истражувања во оваа област. Во оваа глава исто така се конструирани и стандардните статистички модели на линеарна регресија за да се споредат резултатите и да се донесат заклучоци за перформансите на предложените системи. Дадена е дискусија за резултатите од моделите како и импликацијата на поединечните фактори врз Квалитетот на Искуство и образовните резултати.

Последната осма глава ги сумира заклучоците од резултатите на моделите опишани во оваа теза и дава кратки насоки за можните подобрувања како и идни насоки за истражување во оваа област.

1.4 Листа на објавени трудови поврзани со докторската дисертација

Трудови во меѓународни списанија:

- [A1] Vasileva-Stojanovska, T., Malinovski, T., Vasileva, M., Jovevski, D., Trajkovik, V. (2015) "Impact of Satisfaction, Personality and Learning Style on Educational Outcomes in a Blended Learning Environment", *Learning and Individual Differences*, (doi:10.1016/j.lindif.2015.01.018) (Thomson Reuters Journal Citation Report IF: 1.565)
- [A2] Vasileva, M., Bakeva, V., Vasileva-Stojanovska, T., Malinovski, T., Trajkovik, V. (2014) "Grandma's Games Project: Bridging Tradition and Technology Mediated Education", *TEM Journal*, vol. 3, no. 1, pp.13-21
- [A3] Malinovski, T., Vasileva-Stojanovska, T., Jovevski, D., Vasileva, M., Trajkovik, V. (2015) "Adult Students' Perceptions in Distance Education Learning Environments Based on a Videoconferencing Platform – QoE Analysis", *Journal of Information Technology Education: Research*, vol. 14, 1-19 (SCImago Journal & Country Rank IF: 0.27)
- [A4] Malinovski, T., Vasileva, M., Vasileva-Stojanovska, T., Trajkovik, V. (2014) "Considering high school students' experience in asynchronous and synchronous distance learning environments: QoE prediction model", *The International Review Of Research In Open And Distance Learning*, vol. 15, no. 4 (Thomson Reuters Journal Citation Report IF: 0.690)
- [A5] Vasileva-Stojanovska, T., Vasileva, M., Malinovski, T., Trajkovik, V. (2015). "An ANFIS model of Quality of Experience prediction in Education", *Applied Soft Computing* (under review)

Трудови на меѓународни конференции:

- [A6] Vasileva-Stojanovska, T., Vasileva, M., Malinovski, T. & Trajkovik, B. (2014): "The Educational Prospects of Traditional Games as Learning Activities of Modern Students", *8th European Conference on Game Based Learning*, Berlin, 9-10 Oct 2014
- [A7] Vasileva-Stojanovska, T., & Trajkovik, V. (2014). Modeling a Quality of Experience Aware Distance Educational System. *In ICT Innovations 2013* (pp. 45-55). Springer International Publishing.
- [A8] Malinovski, T., Vasileva, M., Vasileva-Stojanovska, T., Trajkovik, V. (2013) "Teachers' acceptance of the Smart Board in primary education schools – QoE analysis", *Tenth Conference for Informatics and Information Technology CIIT2013*, Bitola, Macedonia, 18-21 April

Останато:

- [A9] Malinovski, T., Vasileva-Stojanovska, T., Trajkovik, V. (2012). "The Educational Use Of Videoconferencing For Extending Learning Opportunities", *Video Conference as a tool for Higher Education: the TEMPUS ViCES experience*, E. Caporali and V. Trajkovik (Eds.), Firenze University Press, pp. 37-51

ГЛАВА 2

Образование, пристапи и модели

2.1 Формално и неформално образование

Образованието претставува процес на учење со кој се врши пренос на знаењето, вештините, културните вредности, обичаите и традицијата на следните генерации. Едукативниот процес во формалното образование се одвива во институција во која предавањата и учењето се одвиваат според зададена програма (курикулум) воспоставена во согласност со целите на институциите вклучени во системот. Според тоа формалното образование одговара на систематизиран, организиран едукативен модел, структуриран и администриран во согласност со зададени закони и нормативи, во кој е зададена стриктна програма со зададени цели, содржина и методологија (Dib, 1988).

Основните карактеристики на традиционалното формално образование се следниве:

- училиштето ги припрема учениците за натамошниот живот
- процесот на предавање на знаењето од наставниците на учениците ги поставува учениците во пасивна положба
- едукативниот процес е инструкторски-ориентиран при што наставниците се изворот на информации и авторитет
- родителите не се вклучени во наставата
- учењето е линеарно и базирано на акумулација на факти и вештини
- знаењето се прима преку лекции, работни листови и други текстови
- знаењето се проценува линеарно и се базира најчесто на прашања со очекувани одговори
- предметите се изучуваат одвоено
- вештините се изучуваат дискретно и се третираат како цели
- оценувањето е базирано на оценки, а во некои случаи е воведено и екстерно тестирање
- успехот произлегува од памтењето на наученото и форсира натпревар помеѓу учениците
- интелигенцијата најчесто е мерка за лингвистичките и логичките/математички способности
- училиштето е обрска која мора да се изврши

Формалното образование задолжително вклучува наставници, ученици и институција. Се одвива во неколку степени и тоа: претшколско, основно, секундарно и терцијарно (високо) образование. Институциите се организирани така што од учениците се очекува присуство на наставата во училница. Наставниците и учениците мора да се придржуваат до програмата од курикулумот, при што се спроведуваат серија на тестирања на стекнатото знаење преку кои се остварува напредокот кон повисоките степени. За секој постигнат степен е обезбедена соодветна диплома. Тестирањата се униформирани според одредена методологија и најчесто не ги стимулираат учениците да земат поактивно учество во процесот на евалуација. Во традиционалното формално

образование личниот развој на учениците не е во преден план и честопати се смета дека реалните потреби на учениците и заедницата се занемарени (Dib, 1988).

Формалното образование се одликува со добро дефинирано множество на карактеристики. Отсуството на некои од овие карактеристики во едукативниот процес му дава на истиот не-формални карактеристики. Значи едукативните процеси кои не бараат задолжително присуство цело време, во кои е редуциран контактот со наставниците, или пак кои не мора да се одвиваат со физичко присуство во зградата на институцијата имаат карактеристики на не-формално образование. Исто така оние едукативни процеси кои допуштаат флексибилен програм (курикулум) и методологија, кои се осврнуваат и адаптираат кон потребите на учениците, кои допуштаат ученикот да учи според сопствено темпо, исто така можат да се окарактеризираат како не-формална едукација.

Иако не постои стандардна дефиниција за не-формална едукација, двете основни карактеристики по кои се разликува од формалната се:

- централизација на едукативниот процес кон ученикот, односно кон неговите потреби и можности
- непосредна применливост на едукацијата во личниот живот и професионалниот развој

Врз основа на овие карактеристики може да се заклучи дека не-формалните едукативни системи опфаќаат повеќе различни едукативни системи кои според својата специфичност и карактеристики се сврстуваат надвор од формалните системи. Некои од нив се познати како “далечинско учење”, “отворени системи”, и сл.

2.2 Наставник-ориентиран наспроти Ученик-ориентиран пристап на учење

Традиционалниот наставник-ориентиран пристап во едукативната психологија има корени во “бихејвиористичката теорија” според која во процесот на учење се базира на репетитивни активности кои ученикот ги врши за постигнување на одредена едукативна цел, при што наставникот ги поттикнува добрите навики и ги обесхрабрува негативните исходи, односно врши непосредна корекција на грешките на ученикот.

Истражувачите и теоретичарите на едукативните модели се повеќе заговараат замена на наставник-ориентираните педагогии со ученик-ориентирани пристапи (Kain, 2003). Основната критика на инструктор-ориентираните пристапи се однесува на тоа што методите на истражување, легитимноста на информациите како и претставувањето на знаењето е на страната на наставникот. Од друга страна пак ученик-ориентираните пристапи кои потекнуваат од конструктивистичкиот поглед на едукацијата сметаат дека конструкцијата на знаењето се споделува меѓу ученикот и наставникот и дека учењето настанува преку директно ангажирање на ученикот во едукативните активности неопходни за постигнување на одредена едукативна цел.

Концептот на “учење преку откривање” (discovery learning) како стратегија за изведување на настава, за прв пат се среќава во теоријата за когнитивен развој на Piaget (Piaget, 1952), според која се смета дека децата најдобро учат преку активно истражување и директна вклученост во активностите. Овој концепт понатаму се

развива во област на едукативната психологија позната како “конструктивизам” чија што основна парадигма е да се постави ученикот во центарот на едукативниот процес, при што знаењето се стекнува преку директно искуство во текот на едукативните активности. Директно искуство ги подразбира процесите на асимилација односно вградување на нови искуства во постоечката ментална рамка на ученикот без да се менува истата, и приспособување (accomodation) што значи менување на менталната рамка за да може да ги прифати новите искуства од надворешниот свет. Овој пристап во едукацијата промовира развивање на вештини за решавање на проблеми, креативност и оригиналност преку активно истражување, учење базирано на извршување одредени задачи преку взаемна соработка, и т.н.

Врз основите на конструктивизмот во едукацијата, се надоврзува социокултурната теорија на Vygotsky според која социјалната интеракција има клучна улога во развојот на когницијата. Значајно место во оваа теорија зазема играта, која се препознава како метод со кој учениците стекнуваат нови знаења, но и со значајна улога во нивниот личен развој. Според Vygotsky децата постигнуваат најголем развој преку т.н. игри со преправање (make-believe play) во кои креираат имагинарни ситуации во кои што децата играат повеќе улоги во различни сценарија, при што се почитуваат правилата кои се определени од релациите помеѓу специфичните улоги (Vygotsky, 1980).

Во кратки црти, споредбата помеѓу основните парадигми на наставник -ориентиранот наспроти ученик-ориентиранот пристап на учење се дадени во Табела 1.

Табела 1: Споредба помеѓу наставник -ориентиран и ученик-ориентиран пристап на учење

наставник-ориентиран пристап на учење	ученик-ориентиран пристап на учење
Знаењето се пренесува од наставникот на ученикот	Учениците стекнуваат знаење преку прибирање и синтетизирање на информации, кои понатаму ги интегрираат преку вештините на истражување, комуникација, критичко мислење, решавање на проблеми и т.н.
Учениците пасивно примаат информации	Учениците се активно вклучени во едукативниот процес
Знаењето се стекнува независно од контекстот во кој ќе биде употребено	Се придава особено значење на употребата на стекнатото знаење во контекст и услови кои одговараат на реални животни ситуации
Основната улога на наставникот е да дава информации и да врши евалуација	Улогата на наставникот е да подучува и да го олеснува процесот на учење; учениците и наставниците учествуваат заедно во процесот на евалуација на знаењето
Учењето и оценувањето се одвоени	Процесите на учење и оценување се испреплетени
Оценувањето се користи како метод за надгледување на учењето	Оценувањето се користи за да се помогне во учењето и да се утврдат можни проблеми
Се дава значење на точните одговори	Се дава значење на генерирањето на

	подобри прашања и на учењето од грешки
Учењето се оценува индиректно преку тестови со објективни оценки	Учењето се оценува директно преку есеи, проекти, изведби, портфолија и сл.
Фокусот е на една дисциплина	Пристапот е компатибилен со интердисциплинарно истражување
Атмосферата е компетитивна и индивидуално ориентирана	Атмосферата е кооперативна, со охрабрување на меѓусебна поддршка
Само учениците се оние кои учат во едукативниот процес	Наставниците и учениците учат заедно

Еден од основните адути на приврзаниците на ученик-ориентиранот пристап на учење е зголемената мотивација на учениците во едукативните активности. Мотивацијата претставува еден од водечките фактори кој влијае врз ангажираноста на учениците во едукативниот процес. Ангажираноста и истрајноста во учењето пак претставуваат детерминанти на идниот успех и постигнувања во едукацијата. Мотивираниот ученик е фокусиран и посветен на едукативната активност без да му се потребни дополнителни стимули за да го задржат неговото внимание. Затоа обезбедувањето на модел кој соодветно ќе пристапи кон мотивацијата на ученикот претставува голем предизвик во дизајнирањето на наставната програма. Пристапите кон мотивацијата можат да бидат внатрешно или надворешно водени. Некои од внатрешно водените пристапи сметаат дека основните категории кои влијаат на мотивацијата на ученикот се: предизвикот, фантазијата и љубопитноста (Malone, 1980; Malone, 1981). Надворешно водените пристапи сметаат дека посакуваниот резултат е основниот фактор кој го мотивира ученикот да се ангажира во одредена едукативна активност (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002).

2.3 Отворено и далечинско учење

Под отворено образование и учење на далечина се подразбираат едукативните пристапи кои се фокусираат кон обезбедување на едноставен пристап до едукативните програми, ги надминуваат ограничувањата на простор и време за учениците, и обезбедуваат флексибилни едукативни можности на индивидуи и групи (UNESCO, 2002). Овој тип на едукација ја одразува реалноста во која сите или најголемиот дел од наставата ја спроведува некој кој временски и просторно е оддалечен од ученикот, како и целта на оваа едукација која се стреми кон поголема отвореност и флексибилност во смисла на пристап до едукацијата, програма (курукулум) како и останатите структурни елементи.

Историски гледано развојот на учењето на далечина се одвива во четири главни фази, при што секоја од нив се карактеризира со организациска форма која произлегува од постојните средства за комуникација.

Најпрво се појавуваат системите за кореспонденција кои се појавуваат кон крајот на деветнесетиот век и кои се уште се користат во помалку развиените земји како форма на едукација. Овој тип на едукација вклучува комуникација преку писма или други пишани или печатени документи кои се испраќаат преку поштенските системи. Едукативниот материјал кој се испраќа најчесто е во форма на документ понекогаш пропратен со аудио или пак видео снимка.

Понатаму се појавуваат едукативните телевизии и радио системи кои како средство за комуникација ги користат земјените линии, сателитски врски и кабловски телевизии за да обезбедат достава на снимени лекции како на индивидуи кои учат самостојно од дома или пак на групи на ученици кои се наоѓаат во оддалечена училишница. Некои од овие системи нудат лимитирани аудио или видеоконференциски врски до модераторот или наставникот кој се наоѓа на одредена централна локација.

Мултимедијалните системи кои се појавуваат покасно обезбедуваат текстуални, аудио, видео и други компјутерски базирани материјали кои се доставуваат до ученикот но вообичаено вклучуваат и делимична директна лице во лице поддршка до учениците и групите. Овој пристап се форсира со појавата на отворените универзитети, при што инструкциите почнуваат да се креираат од тимови на специјалисти кои вклучуваат специјалисти за медиуми, инструкциски дизајн, едукатори и сл. Програмите се припремаат за дистрибуција до голем број на ученици кои најчесто се лоцирани на оддалечените страни од земјата.

Последна фаза во развојот на отворените и далечински системи за учење се интернет базирани системи во кои мултимедијалните материјали во електронски формат се доставуваат до учениците преку вмрежените компјутери, при што се обезбедува пристап до електронски бази на податоци и библиотеки. Овој вид на комуникација обезбедува интеракција помеѓу ученик и наставник, меѓусебна интеракција помеѓу учениците, еден на еден, многу на многу интеракција, при тоа користејќи синхрона или асинхрона врска, електронска пошта, видеоконференциска врска, електронски огласни табли и сл.

Едукацијата на далечина може да се користи во основното и средното образование за да обезбеди дополнителни програми во или надвор од училиштето. Програмите кои се одвиваат во училиштето обично се користат како поддршка на наставата во училишта во кои има недостаток на материјали за учење, во училишта во кои наставниот кадар нема формални квалификации за одредена област, или пак бројот на ученици е многу мал за да може да се организира конвенционална настава. При тоа можат да се користат најразлични медиуми како интерактивно радио, едукативна телевизија, мултимедиски материјали кои се доставуваат преку сателитски врски или пак интернет базирани медиуми. Материјалите се дизајнираат во согласност со возраста на учениците. Програмите за учење на далечина за основно и средно образование кои се организираат надвор од училиштето имаат за цел да им обезбедат едукација на децата кои не се во можност да посетуваат редовно училиште, вклучувајќи ги децата со посебни потреби, деца кои се соочуваат со подолготрајна болест, кои живеат во оддалечени области или пак надвор од својата земја. Овие едукативни програми најчесто се дизајнирани така што родителите можат да ги подучуваат доставените лекции на своите деца. Исто така овие програми можат да бидат наменети и за возрасни лица кои сакаат да го надополнат своето образование.

Дополнителната едукација на наставниците исто така претставува значајна област во која се користи моделот на учење на далечина. При тоа овие програми обезбедуваат припремање на наставниците, стекнување на повисоки академски квалификации, професионален развој со надополнување на знаењето во одредени области, содржини и методи на настава. Овие програми за учење на далечина се покажале како посебно

ефективни опфаќајќи голем број на наставници и имаат големо влијание врз развојот на едукативните системи на национално ниво.

Покрај тоа системите за учење на далечина се покажуваат како посебно ефикасни во помагањето на возрасните индивидуи да ги дооформат своите квалификации со што значително им се зголемуваат шансите за вработување. Целните групи кои се опфатени се:

- возрасните кои кои не можат да се вклучат во конвенционалниот образовен систем заради недоволна флексибилност на времето и локацијата на курсевите
- оние лица кои во одредени средини се во подредена положба како невработените лица, лица со посебни потреби, етнички малцинства и во некои земји женската популација.

Новите технологии се користат со ист ентузијазам од отворените универзитети, школите за кореспонденција, институциите кои работат во дуален режим односно и конвенционално и делимично со учење на далечина, како и универзитетите кои работат исклучиво по принципот на едукација на далечина. Последниот тип на универзитети ги има приспособено наставната програма, инструкциите, евалуацијата и останатите едукативни процеси кон потребите на оддалечениот ученик (UNESCO, 2002).

Растечкиот тренд на запишани студенти на далечински студии и онлајн сервиси (online services) кои се нудат од страна на универзитетите, е евидентен во извештаите на институциите како Sloan конзорциумот, кои го анализираат развојот на системите за далечинско учење и нивните трендови. Податоците од 2011 година покажуваат 10% зголемен број на уписи во системите со далечинско учење, или 570,000 студенти повеќе во однос на претходната година. 77% од академските лидери оценуваат дека едукативните резултати од онлајн едукацијата се исти или пак супериорни во однос на класичната настава. 69.1% од главните академски лидери сметаат дека онлајн едукацијата е суштинска во нивната долгорочна стратегија (Allen & Seaman, 2011).

Квалитетот на онлајн едукацијата, нејзината прифатеност и интеграција во редовните студии се основните интереси на Sloan конзорциумот (Sloan-C), кој претставува непрофитна организација посветена на напредокот на е-Едукацијата (e-Education). Според Sloan-C, минималниот квалитет кој се очекува од онлајн систем за далечинско учење е да биде ефективен барем колку и учењето во останатите модели. Конзорциумот состави листа од пет основни столбови на квалитетното онлајн образование: ефективност во учењето, задоволство на студентите, задоволство на факултетот, исплатливост на системот за далечинско учење и достапност до системот. Едни од клучните прашања кои се однесуваат на квалитетот на системите за далечинско учење е мотивацијата на студентите и способноста на системот да ги задржи студентите. Предложените начини за соодветен одговор на овие прашања се однесуваат на развој на лесни за користење интерфејси (user friendly), активна персонализација на околината на системот, подесување на соодветни улоги на корисниците, достапност до системот и соодветен тренинг за користење на истиот (Moore, 2005).

Според Shachar (2008), некои од факторите кои влијаат врз едукативните придобивки во системите за учење на далечина се: квалитетот на инструкциите и учењето, цена на

присуство, потебите на типичен корисник на систем за учење на далечина, задоволството на корисникот од системот и факторите кои влијаат на ефикасноста во давањето инструкции.

Од своите почетоци системите за учење на далечина еволуираат кон концептот на модерен ученик-ориентиран едукативен систем кој се повеќе се интегрира во редовното образование. Способноста на системот за учење да се приспособи кон едукативните потреби и афинитети на секој студент, води кон подобрување на индивидуалното искуство на корисникот со системот. Степенот на прифатеност на едукативниот систем од мнозинството студенти влијае врз севкупниот успех на едукативниот систем. Според студијата на Vouk, Bitzer, & Klevans (1999), прифатливоста на системите за далечинско учење треба да се подигне до ниво на “едукативен уред” (“educational appliance”). Едукативните придобивки со овој пристап се мерат со соодветна метрика и се споредуваат со придобивките од традиционалниот концепт на едукација во класични образовни установи, при што резултатите ја одредуваат насоката за идно унапредување и развој на системите за далечинско учење (Allen et al. 2004).

Влијанието на медиумот за презентација на едукативните содржини врз прифатеност на системите за далечинско учење е истражуван во студијата на Liu, Liao & Pratt (2009). Авторите истражувале три различни типови на медиуми и тоа: текст, снимено аудио и снимено видео. Согледаната корисност и корисничкиот став спрема соодветниот медиум биле земени во обзир за да се предвиди намерата за идно користење на системот. Ефектите на медиумот врз вооченото задоволство на студентите и нивната спремност за користење на системот е истражувана во (Navice, Foxh, Davis & Navice, 2010). Авторите заклучуваат дека асинхроните медиуми богати со различни медиумски содржини влијаат врз зголеменото задоволство на студентите при користењето на системите за далечинско учење.

2.4 Мешано учење

Мешаното учење (Blended Learning) претставува комбинација на традиционалното учење лице во лице и онлајн учењето во кое ученикот е самостоен во определувањето на сопственото време и ритам. Во однапред определени рамки, учениците можат да учат според сопствениот ритам и тоа на место и начин кој најмногу им одговара. Најголемата предност на мешаното учење, посебно кога се работи за големи групи, е тоа што нуди временска ефикасност и персонализиран пристап во учењето и наставниот материјал. Мешаното учење го поставува ученикот во центарот на образовниот процес и тоа во обете насоки т.е. и во предавањата и во учењето. Учениците се охрабруваат и се водат во насока самите да ја превземат одговорноста за нивното учење. Наставниците во текот на сесиите кои се одвиваат лице во лице обезбедуваат водство и насочување на специфичните прашања и проблеми кои може да се појават кај ученикот.

Мешаното учење не е наменето да го замени класичното учење во училища. Напротив, мешаното учење е наменето да понуди поголема флексибилност на учениците. Имајќи ја во предвид се поголемата улога на технологијата во нашите секојдневни животи, едукацијата исто така мора да биде во чекор со технологијата за да одговори на потребите на современиот ученик. Во многу земји во светот мешаното учење станува

изразито распространето во секундарното и терцијарното ниво на едукација. Мешаното учење им нуди поголема независност на учениците во пристапот до едукативните содржини и поголема автономија во учењето.

Термините “мешано учење” (blended), “хибридно учење” (hybrid), “технолошки-потпомогнато учење” (technology-mediated instruction), “учење со користење на мрежна технологија” (web-enhanced instruction), “учење во мешан мод” (mixed-mode instruction) и сл. честопати се преплетуваат и се употребуваат во иста смисла во тековната литература. Терминот “мешано учење” е најчесто користен термин за опис на овој едукативен феномен во САД.

Флексибилноста е клучниот елемент на мешаното учење. Поделба на времето зависи од типот на курсевите и нивото на ученикот. Наставниците и едукативните установи можат да го приспособат времето на онлајн и класично учење во зависност од потребите на учениците, од расположливиот простор и наставни ресурси. Учениците најчесто користат околу 25-40% од времето за учење во класична училница и околу 60-75% во онлајн учење. Курсевите се дизајнираат имајќи ги во предвид содржините и нивото на учениците при што материјалот кој е најпогоден за самостојно учење се одвива во онлајн сесии, додека пак оние области за кои е потребна групна интеракција, надзор и комуникација со наставникот, се одвиваат во класични училници.

Разликата помеѓу класичен наставник и онлајн татор се состои во тоа што онлајн таторот само го надгледува и помага во учењето. Онлајн таторите користат онлајн едукативни управувачки системи (Learning Management Systems) за да комуницираат со учениците, за да зададат и оценат задачи на учениците и да ја надгледуваат нивната работа. Основната разлика е во тоа што едукативните материјали и наставни медиуми се веќе креирани и за учениците и за наставниците, и истите можат да се користат независно од времето и локацијата. Улогата на онлајн таторот во мешаните курсеви е да го интегрира онлајн материјалот со оној што се предава на класичен начин, да комуницира проактивно со учениците, да ги охрабрува и подржува, да ја надгледува нивната работа и при тоа да им даде повратен одговор за нивната работа, како и да одговара на прашањата кои се оснесуваат на курсот и неговите содржини.

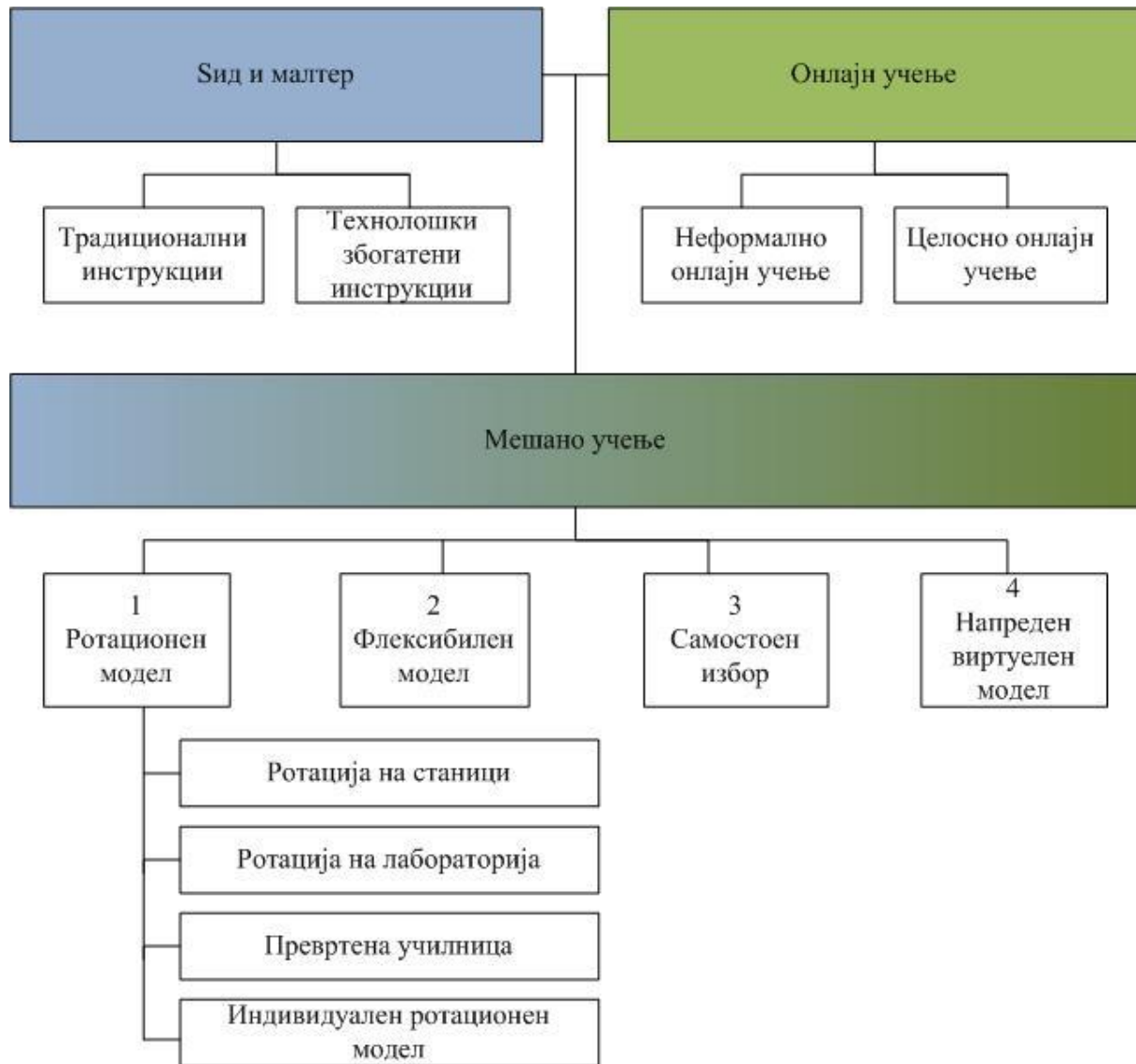
Разликата во ангажманот на онлајн таторот и класичниот наставник не е во времетраењето на наставата туку во начинот на кој се одвива наставата. За разлика од класичната настава во која што наставникот е во контакт со учениците само за време на часовите, во мешаните курсеви учениците работат според сопствен распоред на времето и затоа е добро покрај редовните класични часови да се практикуваат и редовни онлајн сесии во кои наставникот ќе им пружи поддршка и повратен одговор на учениците. При тоа е значајно учениците да разберат дека онлајн сесиите се интегрален дел од курсот и затоа присуството на наставникот во онлајн сесиите е значаен чекор кон таквото разбирање на наставата. Покрај тоа онлајн системите за управување со едукативниот контекст обезбедуваат и алатки за меѓусебна соработка при учењето, кои што наставникот може да ги искористи за поставување на структурирани форуми во кои ќе се одвиваат дискусии за одредена проблематика.

Едукативните материјали за мешаните курсеви најчесто се обезбедуваат во форма на текстуални документи, но и практични вежби, видео материјали, интерактивни презентации кои учениците можат да ги превземат од системот за управување со едукативниот контекст и по потреба да ги користат на своите локални компјутери или

пак да ги испечатат во хартиена форма која може да се користи и на класичните часови.

Постојат повеќе модели на организација на курсевите кои се одвиваат според мешан пристап. Основните модели на мешано учење се дадени на слика 1:

Слика 1: Модели на мешано учење



Ротационен модел: во рамките на одреден курс, учениците ротираат според онапред зададен распоред при што дел од наставата следат во онлајн околина во која учат според сопствен ритам а дел од наставата во традиционална училница со наставник. Овој модел се наоѓа помеѓу традиционалната лице во лице училница и онлајн едукативната околина бидејќи се одвива делумно и на двата начини. Наставникот вообичаено ја надгледува онлајн работата на учениците.

Флексибилен: Овој модел се базира на онлајн платформа преку кој се остварува најголемиот дел од наставниот програм. Меѓутоа по потреба наставниците обезбедуваат класична лице во лице поддршка на мали групи од ученици или по индивидуална потреба.

Онлајн Лабораторија: Во ова едукативно опкружување, едукативните установи обезбедуваат онлајн платформа за одреден курс, при што учениците следат онлајн курсеви но во класична училишна зграда. Овие програми обично обезбедуваат наставници кои се достапни онлајн, кои обично надгледуваат но пружаат многу мала поддршка во наставата.

Самостоен избор: Овој тип на мешана едукација обезбедува учениците во било кое време да одберат еден или повеќе онлајн курсеви кои го надополнуваат нивното класично образование. Онлајн курсевите во овој модел се секогаш далечински, што го прави овој модел различен од Онлајн Лабораторија. Со овој начин на едукација ученикот може да одбере одреден курс кој не е вклучен во класичната настава и да го следи од дома во вечерните часови.

Напреден виртуелен модел: овој модел се карактеризира со тоа што учениците задолжително учествуваат во класични наставни сесии а потоа се слободни да го докомпетираат остатокот од курсот преку одалечени онлајн сесии независно од наставникот. Многу програми од модел всушност се започнати како целосно онлајн програми, а потоа се развиле во мешани програми за да им обезбедат на учениците класично училишно искуство. Овој модел се разликува од моделот “превртена училница“ (flipped classroom) бидејќи учениците многу ретко се среќаваат лице во лице со нивните наставници. Исто така се разликува и од целосниот онлајн модел бидејќи сесиите кои се одвиваат лице во лице се задолжителни, а не само опционални или пак социјални настани.

2.5. Учење преку игри

Значењето на зборот “игра” вообичаено подразбира одредена забавна активност во која се вклучени еден или повеќе учесници (Wittgenstein, 1953; Caillois, 1957). Иако игрите примарно се играат заради забава (Barendregt, Bekker & Speerstra, 2003; Barendregt & Bekker, 2006) тие можат да содржат инспиративни и едукативни елементи и да се искористат за да се одговори на одредени едукативни предизвици (Aldrich, 2005; Squire, 2003). Игрите низ човековата историја одиграле исклучително важна улога во зачувувањето и пренесувањето на традиционалните и културните вредности, како и знаењето и обичаите на многу генерации различни етнички групи.

Игрите како забавни активности ги содржат во себеси главните мотивирачки фактори со кои се привлекува вниманието на ученикот и го прави истраен и ентузијастичен во едукативната активност во кај е вклучен. Затоа игрите се препознаваат како значајна алатка во инструкцискиот дизајн кој што тежнее да создаде околина која не само што е едукативна туку е и интересна за учениците. Покрај намерата да го направат учењето забавно, игрите се препознаваат и како значајна алатка во едукативната парадигма “учење низ правење” (“learning by doing”) која е објаснета од Schank со следнава реченица: “Постои само еден ефективен начин да се научи некој како да прави нешто, а тоа е да се остави тој да го направи нештото” (Schank, Berman & Macpherson, 1999).

Учењето преку игри (Game Based Learning - GBL) се појави како идеја да се искористат компјутерските игри во едукацијата со цел да се унапреди едукативниот процес со тоа што на учениците ќе им се понуди забавен и прифатлив медиум кој што ќе го привлече

и задржи вниманието на учениците, како и нивниот интерес за темата (Prensky, 2005). Едукативните игри се дизајнирани да ја балансираат играта и едукативните квалитети на наставната тема, со цел да се обезбеди ученикот да го примени и задржи совладаното знаење во реалниот живот. Игрите често пати содржат елементи на фантазија при што учениците се ангажирани да учат преку приказни (Juul, 2011). Едукативните компјутерски иги можат да бидат значајна мотивирачка сила и да поттикнат развојни процеси во детската свест. Успехот на стратегиските игри се должи на активната вклученост и интеракција на играчот, што е клучен елемент во стекнувањето на искуство.

Сценаријата на учење преку игри ги вклучуваат учениците во интерактивни ситуации, како и ситуации во кои се бара решавање на одреден проблем со што се развива критичкото мислење, комуникацијата и кооперацијата, а исто така и флексибилноста и приспособливоста за здобивање на функционално знаење. Овие квалитети се целосно компатибилни со вештините на 21ви век, идентификувани како: “Учење и Иновација”, “Дигитална Писменост” и “Кариерни и Животни вештини” (Trilling & Fadel, 2009).

Улогата на компјутерските игри е истражувана од многу автори (Malone, 1981; Baranauskas, 1999; Garris, Ahlers & Driskell 2002). Академските истражувања се однесуваат примарно на едукативниот аспект на дигиталните игри и улогата на дигиталните игри во развојот на важни вештини какви што се: стратегиско мислење, креативност и кооперативност.

Авторите Маја и Paul Pivec разгледувале 85 проекти во кои биле вклучени ученици од најразлична возраст и вештини, како и возрасни ученици и ученици со посебни потреби (Pivec & Dziabenko 2004; Pivec 2009). Во нивните трудови тие прават обид да ги идентификуваат предизвиците кои треба да се адресираат при дизајнот и имплементацијата на успешните едукативни видео игри. Во нивниот извештај за “игрите во школите” од 2008 се истражува успехот и усвојувањето на едукативните игри наспроти комерцијалните видео игри (Pivec & Pivec, 2008). Во извештајот се воочува недостатокот на ресурси за учење преку игри, а исто така се дадени и резултатите и доказите за едукативната вредност на игрите. Истражувањето покажува дека проектите за креирање на игри за едукативни потреби се скапи и неодржливи споредени со комерцијалните игри. Според авторите, добро дизајнирана компјутерска игра треба да ги содржи следниве карактеристики:

- соодветен дизајн
- соодветна околина во која ќе се користат
- да вклучува активност во согласност со соодветната педагошка рамка

Според авторите, дизајнот на сценарио за учење преку игри не треба да биде фокусиран само на тековната забавна активност на играчот, туку да вклучува акција со последица со што би се постигнало учење преку рефлексija.

Потенцијалните добивки од учењето преку игри директно се поврзани со дизајнот и квалитетот на содржината која треба да биде вградена во компјутерската игра (Pivec, Dziabenko & Schinnerl 2003; Torrente et al. 2009). Играта која се користи за учење треба да му обезбеди на играчот мотивирачка околина, исполнета со забава и едукативни активности.

Ефектите на игрите врз когнитивниот развој се истражувани од Mayers (2005). Неговото истражување се фокусира врз позитивните и негативните ефекти на видео игрите за Nintendo и PlayStation, при играњето улоги, симулации при равивањето на стратегии, креирање на мозаици во едикацијата и сл.

Иако истражувањата за употребата на компјутерските игри како едукативни алатки доведе до значаен развој на педагогијата на учење преку игри, во исто време се појавија и одредени грижи околу негативните ефекти кои компјутерските игри можат да ги предизвикаат кај младата популација какви што се: стимулирање на зависно однесување, социјална изолација, насилно однесување и сл. (Anderson & Bushman, 2001). Затоа покрај ползувањето на предностите кои ги нудат компјутерските игри во едукацијата, не смее да се запостави и нивниот негативен ефект врз младата популација.

Во студијата на (Ke, 2009) е направена систематизација на теориите, методите, како и квалитативна и квантитативна анализа на игрите кои се користат за едукативни цели. Истражувањето прави мета-анализа која е резултат на компаративната анализа на 89 едукативни игри, при што заклучокот е дека учењето преку игри има голем потенцијал да го унапреди учењето и мотивацијата кај учениците. Но сепак, вистинските предизвици на учењето преку игра се појавуваат кога содржините и вештините усвоени преку играта треба да бидат употребени надвор од контекстот и околината на играта.

2.6. Бабини игри

“Бабини игри” претставува оригинален едукативен проект воден според ученик-ориентираните модели на образование во кој преку автентично сценарио на учење преку игра се воведуваат традиционалните детски игри на отворено во образовниот систем на учениците од неколку основни училишта во Република Македонија. Целта на проектот е да се искористат придобивките од традиционалните детски игри кои нашите предци ги играле на отворено, заедно со придобивките од модерната технологија која се чини дека е поблиска до денешните генерации. Покрај едукативните придобивки проектот Бабини игри обраќа посебно внимание на социјалните и емоционалните аспекти на учениците посебно оние кои се однесуваат на мотивацијата, радоста, здравите обрасци на воспитување и поврзувањето со традиционалните вредности кои се вplotени во нашиот фолклор.

Идејата да се внесат традиционалните игри на нашите предци во редовниот образовен процес на учениците во основното образование произлезе од барањето начин да се вгради мотивирачката улога на игрите при тоа избегнувајќи ги негативните ефекти од нивното прекумерно конзумирање, како што е случајот со современите компјутерски игри. Со воведувањето на традиционалните игри во образовните активности на учениците се промовира мотивацијата во сите компоненти на инструкцискиот дизајн преку обезбедување на:

- внимание на учениците преку активно учество на сите ученици во игрите низ кои се остваруваат забавни едукативни активности
- релевантност, преку користење на познати елементи од игрите за учење на нови цели

- доверливост, преку обезбедување на пријатна средина во која учениците имаат контрола над активностите кои треба да ги превземат за да постигнат одредена цел
- задоволство, кое што претставува основен атрибут на игрите и преку кое се изразуваат позитивните чувства на еднаквост, заедништво, радост, фер игра и т.н., кои можат да бидат ефективно искористени во текот на едукативните активности

Целите на Бабините игри се стремат не само кон зголемување на мотивацијата на учениците туку и кон обезбедување на здрави развојни обрасци кои се рефлектираат преку директната комуникација со врсниците, соработка при извршување на задачи во реално време, поздрав психофизички развој преку практикување на активности на отворено, приближување кон фолклорните корени и традиционалната мудрост на нашата култура, промовирање на мултикултурни и мултиетнички вредности преку запознавање на традицијата на останатите култури во нашето општество и т.н.

Во Бабините игри се одбрани шест традиционални игри при што на часовите по математика, ликовно и природа/општество се воведени по две игри. Секоја игра е внимателно одбрана со цел да унапреди одреден аспект во едукативниот процес при што е водено сметка за индивидуалните разлики во личноста, стилот на учење и когнитивните способности на учениците.

На часовите по математика се воведени игрите “Плочка” и “Ќибритче” чија цел е да се унапреди логичкото размислување кај учениците, експресивните вештини на часовите по уметност се надополнуваат преку игрите “Дама” и “Конец”, а социјалните вештини на часовите по природа и општество се развиваат со помош на игрите “Џамија” и “Криенка”. Инструкцискиот дизајн е опишан во прирачник за наставници во кој за секоја лекција е даден детален план, опишани се целите кои треба да се постигнат, даден е детален опис на секоја игра и начинот на кој треба да се искористи за да се постигне одредена цел, опис на улогите на наставникот и учениците, начинот на кој наставниците треба да ги упатуваат учениците, очекуваниот повратен одговор од учениците, како и и инструкции за оценување на учениците. Ваквото сценарио на учење преку игра ги охрабрува учениците активно да учествуваат во игрите, да соработуваат, да предлагаат решенија на проблеми во одредени задачи кои се поставуваат во текот на игрите и потоа, активно учество на учениците и во процесот на евалуација на знаењето, развој на критичко размислување, како и развивање на другарството преку забавни едукативни активности.

Покрај тоа што игрите се играат на традиционален начин лице во лице, воведена е и комбинирана употреба на технологијата и тоа најчесто при решавањето на одредени проблеми, употреба на видеоконференции со врсниците од други училишта, како и користење на социјалните мрежи за олеснување на комуникацијата со врсниците од оддалечените краеве на нашата земја.

Учениците се активно вклучени не само во едукативните активности туку и во процесот на креирање на едукативното сценарио од почетокот на идејата и во текот на нејзината реализација. Процесот на селекција на игрите е започнат така што учениците ги истражуваат и собираат игрите кои ги играле нивните баби и дедовци во детството. За таа цел е спроведено истражување при кое што учениците ги посетија нивните баби и дедовци за да им ги раскажат игрите кои ги играле во нивното детство, а потоа

учениците имаа за задача да напишат есеи за игрите и да дадат идеи за можната примена на одредена игра како едукативна активност. По завршување на процесот на собирање на игрите е одржана дискусија после која е направена селекција на шест игри кои ќе се користат во студијата. Селектираните игри се собрани во прирачник со инструкции со детален опис на секоја игра, нејзината примена во едукативните активности и целиот екој треба да се постигнат. Едукативната студија произлезена од овие активности е наречена “Бабини игри”.

Инструкцискиот дизајн за оваа студија го следи ADDIE моделот (Molenda, 2003) кој е кратенка од Анализа, Дизајн, Развој, Имплементација и Евалуација. Првата фаза започна со анализа на едукативните можности на секоја од собраните игри, анализа на возраста на учениците која е најпогодна за да се имплементира студијата, и анализа на предметите и тематските единици од националната програма во кои што можат да се имплементираат едукативните активности преку одредена игра. На крајот од оваа фаза се одбрани игрите “Плочка” и “Ќибритче” за часовите по математика, “Дама” и “Конец” за часовите по ликовно, и “Џамија” и “Криенка” за часовите по природа и општество.

Во фазата на дизајн се одредени едукативните цели кои треба да се постигнат за секоја наставна единица. Во оваа фаза исто така се поврзани тематските единици од националната програма, игрите како едукативни активности како и методите за постигнување на посакуваните цели. Во фазата на развој се специфицирани насоките кои треба да ги дава наставникот, улогите на наставникот и учениците, инструкции за тоа како и каде да се употребува технологијата на часовите, задачите и начинот на кој треба да се извршат истите, како и организацијата на дискусиите и презентациите.

Студијата “Бабини игри” е имплементирана од осум наставници и 142 ученика од пет основни школи во Република Македонија. 77 ученици беа машки и 65 женски. Три од школите беа од рурална средина а две од нерурална средина. Студијата започна од второто полугодие при што секоја игра се играше барем на три часа за да се разработи зададената тематска единица. По заклучување на тематската единица беше спроведено тестирање и извршена е евалуација на учениците.

Евалуацијата е извршена врз основа на два критериуми: евалуација на постигнатиот успех и евалуација на развиените вештини како комуникација, соработка и интерактивност.

По завршување на студијата извршена е статистичка обработка на податоците собрани од сите учесници во студијата. Резултатите покажаа значајно зголемување на успехот по математика и природа и општество. Од друга страна, учениците покажаа најголемо задоволство на часовите по ликовно а најмало по математика. За определување на стилот на учење, секој ученик го пополни VARK образецот, според кој стилот на учење се класифицира во категориите Визуелен, Аудио, Писмен, Кинетички или пак мулти модален. Според оваа класификација, учениците кои имаат афинитет кон Кинетички стил на учење покажаа дека имаат најголема склоност кон социјалните и експресивните игри кои се играа на часовите по природа/општество и ликовно, а помала склоност кон логичките игри кои се играа на часовите по математика.

Заклучоците од студијата покажаа дека иако денешните генерации ученици поминуваат значително подолго време во интеракција со електронски уред отколку со своите

врсници, сепак воведувањето на традиционалните игри на отворено како комплементарни едукативни активности можат да донесат значителни позитивни едукативни вредности а исто така и да придонесат кон физичкиот и емоционалниот развој на младите генерации. Индивидуалните разлики имаат значајно влијание на перцепцијата на ученикот за едукативните активности и затоа треба да бидат земени во обзир при дизајнирањето на едукативни сценарија базирани на игри.

ГЛАВА 3

Образовни резултати

Образовните резултати (educational outcomes) се дефинираат како одредено ниво на знаење, вештини и способности кои што ученикот ги стекнал како резултат на неговиот ангажман во училишните активности (Ewell, 2001).

Образовните резултати го опишуваат базичното знаење кое учениците го постигнале и кое можат со сигурност да го демонстрираат на крајот од одреден курс или програма. Тоа значи дека образовните резултати идентификуваат што ученикот ќе знае и ќе биде способен да направи на крајот од дадениот курс или програма. Според William Spady, еден од пионерите на т.н. “образование базирано на резултати” (“outcomes based education”) смета дека најважна е способноста да се покаже односно демонстрира знаењето, со цел да се покаже она знаење што е значајно и релевантно. Според Spady исто така е значаен и контекстот во кој се покажува знаењето. Тоа значи дека знаењето треба да се демонстрира не само во училницата туку и пошироко во социјалниот живот на ученикот надвор од училишната зграда. Според тоа под образовни резултати на повисоко ниво се подразбираат генерички вештини какви што се подготвување на учениците да решаваат проблеми, да планираат, креираат, да размислуваат, комуницираат и сл. и тоа независно од предметот кој го учат (Spady, 1994).

Во најопшт смисол образовните резултати се однесуваат на стекнатото:

- знаење
- вештини
- ставови

кои можат да се набљудуваат и мерат. Описот на образовните резултати најчесто започнува во следнава форма “По комплетирање на наставната единица/модул/друга квантификација, ученикот ќе биде способен да ...”.

Образовните резултатите во смисла на стекнатото знаење се однесуваат на одредени дисциплинарни области или содржини кои учениците се способни да се сетат, да ги поврзаат и соодветно да ги применат.

Резултатите во смисла на стекнати вештини се однесуваат на капацитетот на учениците да направат нешто, на пример да размислуваат критички, да комуницираат, да соработуваат, да внесуваат сопствени идеи околу одредени технички процедури и сл. Резултатите во смисла на стекнати ставови, вообичаено се однесуваат на промена на одредени верувања, развој на одредени вредности како емпатија, етичко однесување, самопочит, почит кон другите и сл.

За ефективно остварување на овие образовни резултати, потребно е претходно јасно да се дефинираат едукативните цели на секоја едукативна програма, од кои треба да произлезе инструкцискиот дизајн како и насоките за оценување на индивидуалните постигања на учениците. Од едукативните цели треба да произлезат едукативните резултати како и нивото кое се очекува да го постигнат учениците. Реално постигнатото ниво се верификува со оценка која е мерило за академскиот успех или пак соодветен сертификат доколку се работи за едукативен курс.

Образовниот резултат како концепт кој образовниот процес го гледа од аспект на тоа што треба да произлезе од процесот на учење а не примарно со содржината која се учи, претставува еден од водечките концепти кои водат кон трансформација од традиционалниот наставник-ориентиран пристап во образованието кон ученик-ориентираниот пристап кој станува се повеќе актуелен како поблизок до учениците.

Образовните резултати можат да се разделат на следниве типови:

- институционални, кои го опишуваат резултатот од стекнување на диплома или сертификат од одредена институција
- ниво на програма, кои го опишуваат резултатот од комплетирање на одредена едукативна програма
- ниво на курс, кои го опишуваат резултатот од комплетирање на одреден курс

При формулирање на образовните резултати во високото образование треба јасно да се опишат:

- очекувања од кои што студентите точно ќе знаат што треба да направат за да демонстрираат дека го постигнале бараниот образовен резултат
- да го претставуваат севкупното знаење и постигнување
- да ги опишуваат постигнувањата кои се значајни, есенцијални и проверливи
- да се однесуваат на знаење кое е преносливо
- самите резултати да не ја определуваат содржината на програмата, што значи дека треба да се допушти можност да се дојде до резултатот на повеќе начини
- да бидат фер и да нудат еднакви можности за сите студенти
- да го одразуваат минималното ниво на постигнување кое студентот треба да го покаже за да се смета дека успешно го постигнал резултатот

3.1 Академски перформанси

Академските перформанси (Academic Performances) го претставуваат едукативниот резултат кој што опишува до кој степен ученикот, наставникот или институцијата ги постигнале нивните едукативни цели. Вообичаено академските резултати се мерат преку серија на тестови и оценувања во кои треба да се опфати процедуралното знаење кое го покажува директното знаење при извршување на одредена задача, и декларативното или описно знаење кое се изразува преку декларативни изјави или индикативни предлози.

Прегледот на литературата во која се истражуваат факторите кои влијаат на едукативните резултати дава дека когнитивните способности, карактеристиките на личноста, стилот на учење и задоволството од наставата се значајни предиктори на академските перформанси (Chamorro-Premuzic & Furnham, 2008; Samdal et al., 1999; Rogorat, 2009). Така според студијата на Chamorro-Premuzic & Furnham (2008) првите три фактори заедно објаснуваат околу 40% од варијансата во академските перформанси на истражуваните студенти. Студијата исто така го користи методот на “анализа на патишта” (“path analysis”) за да ги истражи врските помеѓу овие конструктори, при што доаѓа до заклучок дека карактеристиките на личноста и стилот на учење имаат посреден ефект во релацијата помеѓу когнитивните способности и академските

перформанси. Сличен резултат е потврден и во студијата на Furnham et al. (2009), што води до заклучок дека податоците собрани од тестовите на личноста, стилот на учење и интелегенцијата кои се направени на почетокот на семестарот, можат со сигурност да го предвидат резултатот од испитот кој ќе се одржи по шест месеци.

Оптимални резултати од учењето можат да се постигнат со обезбедување на едукативна средина која нуди повеќе различни можности и која е способна да се адаптира кон индивидуалните афинитети на учениците. Иако когнитивните способности покажуваат силна корелација со академските перформанси, сепак ако се земе само тој фактор во предвид се добива дека со него се објаснува помалку од 50% од варијансата во академските перформанси, што значи дека и другите фактори кои придонесуваат кон разликите во академските перформанси на учениците мораат да се земат во предвид (Chamorro-Premuzic, 2007).

Во студијата на Gurpinar et al. (2010) е направено истражување на релациите помеѓу стилот на учење, задоволството и методите на инструкција како и нивното влијание врз академските резултати. Во истражувањето се вклучени 170 студенти по медицина. Моделот на Kolb е користен за определување на стилот на учење кај студентите. При тоа се покажало дека е можно да се предвиди задоволството и академскиот успех кај студентите кои припаѓаат во групата асимилатори.

Од друга страна треба да се нагласи дека постојат и фактори кои негативно влијаат на академските резултати. Некои од факторите кои имаат негативно влијание врз академските резултати се: недостатокот на визија, мотивација, проблеми во личниот живот на ученикот или пак небалансираност во фамилијата, пријателите и социјалните активности. Понатаму изборот на несоодветна институција, недостатокот на дисциплина и неможноста да се искористат расположливите ресурси на институцијата се исто така фактори кои негативно влијаат врз успехот на учениците.

3.2 Преносливи вештини и вештини на 21ви век

Глобалната економија и побарувачката на работни места во 1990тите години, наметнаа соодветно пошироко третирање на образовните резултати не само во смисла на стекнато знаење туку и опфаќање на т.н. “преносливи вештини” (“transferable skills”). Преносливи вештини се оние вештини кои се стекнуваат во тек на различни активности во животот и кои покасно можат да бидат применети во некој нов контекст односно можат да се пренесат од една ситуација на друга. Така на пример Conference Board of Canada, институт кој е посветен на истражување и анализа на економските трендови, перформанси и прашања од јавниот сектор, смета дека следниве вештини се неопходни за работното место:

- способноста за тимска работа
- ефективна комуникација
- способност за решавање на проблеми

Таквите вештини се стекнуваат преку најразлични активности почнувајќи од едукацијата, вработувањето, проекти, волонтерска работа, хобија, спортови и сл. Во глобалната светска економија и рапидните промени на технологијата со кои се соочуваме во сегашно време, развојот на овие вештини е неопходен во едукацијата на

учениците за да се припремат за успешна кариера. Овие вештини се неопходни не само во високото образование туку и во сите нивоа на едукативниот процес.

За разлика од вештините кои се поврзани со специфична работа кои можат да се искористат само за одредена активност, преносливите вештини можат да се користат во најразлични активности независно од типот на работата. Тие се универзални вештини кои можат лесно да се пренесат од една работа на друга без притоа да е потребен голем напор или тренинг. Многу работодавци сметаат дека одредени вештини кои можат да се користат во една ситуација можат да се пренесат и во друга, иако можеби изгледа дека новата ситуација не е поврзана со претходното вработување или искуство. Затоа во некои ситуации преносливите вештини се дури и поважни од оние кои се поврзани со специфичен тип на работа. Ова посебно се однесува при промена на работно место или пак при преминот од училиште на работа.

Идентификувајќи дека постои длабок јаз помеѓу знаењето и вештините кои учениците ги стекнуваат во редовното образование со оние знаења и вештини кои се потребни на типичните работни места во 21 век, во 2002 година во САД е основана иницијативата “Партнество за вештини на 21ви век” (“Partnership for 21st Century Skills”), која има за цел да ги донесе заедно претставниците од деловната заедница, лидерите во едукацијата и креаторите на политиките кои треба да ги опишат вештините на 21ви век кои треба да се изучуваат во основното и средно образование и да се подигне свесноста за нивната важност во едукацијата на учениците.

Од оваа иницијатива е произлезена рамката за вештините од 21ви век, која претставува холистички поглед на наставата и учењето во 21ви век и која ги опишува вештините, знаењето и експертизата кои треба да ги поседуваат учениците за да успеат во кариерата и животот. Покрај основните знаења, учениците треба да ги стекнат и основните вештини како критичко размислување, решавање на проблеми, комуникација и соработка кои се неопходни за нивниот иден успех. Знаењето, вештините и експертизата кои треба да ги поседуваат учениците се сумирани како “образовни резултати на 21ви век” и се групирани како: “Знаење и иновативност”, “Информатички, Медиумски и Технолошки вештини” и “Животни вештини и кариера” (Trilling & Fadel, 2009). Во првата група на знаења и вештини спаѓаат:

- креативност и иновативност
- критичко мислење и решавање на проблеми
- комуникација и соработка

Во “Информатички, Медиумски и Технолошки вештини” спаѓаат:

- информатичка писменост
- медиумска писменост
- ИКТ писменост (Информатика, Комуникации и Технологија)

Во “Животни вештини и кариера” спаѓаат:

- флексибилност и приспособливост
- иницијатива и самостојно водење
- социјални и меѓу-културни вештини

- продуктивност и поддршка
- лидерство и одговорност

Интегрирањето на преносливите вештини во редовната академска програма може да се одвива постепено на повеќе нивоа и тоа:

- со споменување на вештините кои се развиваат при активноста која е во тек
- со претставување на вештините како едукативни резултати
- со интеграција на вештините во едукативните материјали за да можат да се користат на и надвор од часовите
- со приспособување односно дизајнирање на часовите така што да се користат преносливите вештини

3.3 Индивидуални разлики

Прашањата дали постојат индивидуални разлики помеѓу учениците, ако постојат како да се класифицираат и на кој начин го засегаат процесот на учење, се дел од темите и областите со кои се занимаваат диференцијалната и едукативната психологија. Разликите во учењето произлегуваат од разликите во интелегенцијата, потеклото, искуството, интересот, како и од многу психолошки, емоционални и физички фактори.

Диференцијалната психологија или психологијата на индивидуални разлики се бави со проучување на разликите во однесување на индивидуите и процесите кои се причина за тоа однесување. Истражувачите на оваа дисциплина ги истражуваат индивидуалните разлики преку проучување на групи на популација и ги идентификуваат оние димензии кои ги поседуваат сите индивидуи но според кои поединците се разликуваат. Покрај проучувањето на разликите помеѓу индивидуите, односно варијансата која ги опишува индивидуалните разлики, оваа гранка ги проучува и централните тенденции кои покажуваат колку одредена личност припаѓа во просекот на одредени група. Исто така и прашањето за тоа дали сличноста на припадниците на одредена група (на пример групирани според пол, возраст, националност,..) е поголема во самата група или пак помеѓу групите е предмет на проучување на индивидуалните разлики. Карактеристиките кои се заеднички помеѓу луѓето, димензиите на поедините разлики, како и уникатните обрасци кај индивидуите се истражуваат со користење на статистички методи како Фактор анализа (Factor analysis), Структурно моделирање (Structural modeling), Моделирање на повеќе нивоа (Multi-Level modeling) и сл., при што се утврдува доверливоста и стабилноста на утврдените индивидуални разлики. Истражувањето врши класификација и опис на карактеристиките по кои одредена популација се разликува, открива како разликите во одреден контекст можат да предвидат разлики во некој друг контекст, и ги тестира теоретските модели за структурата и динамиката на индивидуалните разлики.

Конструктивистичкиот пристап кон индивидуалните разлики во образованието има холистички приод кон изучувањето на различните когнитивни стилови и стилите на учење кај учениците. Според студијата на Biggs & Moore (1993), когнитивните и стилите на учење претставуваат стабилни карактеристики на личноста кои се произнесуваат во сите задачи и ситуации. Понатаму студијата сугерира дека пристапот кон учењето ја одразува интеракцијата помеѓу моменталната мотивираност на

ученикот и целокупниот наставен контекст. Студијата на Biggs (1987) разликува три основни пристапи кон учењето и тоа “длабок” (“deep”) кој се одликува со активно барање на смислата, принципите и структурата на знаењето, понатаму “просечен” (“achieving”) кој се одликува со тоа што учениците учат за да се стекнат со награди кои произлегуваат од академскиот успех какви што се добра работа или пак парична награда. И последните како спротивност на “длабокиот” пристап кон учењето се “површниот” (“surface”) пристап кој е одлика на учениците кои се задоволуваат со исполнување на минималните барања од наставата. Од друга страна одредени истражувачи ја истражуваат врската помеѓу стилите на учење и хемисферите во мозокот па така разликуваат ученици кои кои ја користат левата или пак десната хемисфера кои пак извршуваат различни функции (Rose & Nicholl, 1997). Според нив левата хемисфера ги обработува т.н. “академски аспекти” на учењето какви што се јазикот и математичките концепти, логичкото размислување, секвенците и анализата. Десната хемисфера пак е задолжена за “креативните аспекти” какви што се музиката, визуелните импресии, боите и сликите.

Покрај стилот на учење индивидуалните разлики ги третираат и карактеристиките на личноста како и когнитивните способности на ученикот. Тестовите за интелектуална способност се земаат како мерка за максималните перформанси на ученикот. Тие вообичаено се комбинација од тестови на брзина во кои во ограничено време ученикот трба да ги покаже своите способности и тестови на моќ во кои времето не е ограничено. Карактеристиките на личноста претставуваат проценки на просечни перформанси и се даваат во описна форма во која се искажани афинитетите на ученикот, како тој се доживува себеси и како е перципиран од околината. Тестовите на личноста најчесто се состојат од само-описни прашања (на пр. “Дали сакаш да одиш на забава?”) кои се релевантни за некој домен на интерес на истражувачот. Овие тестови најчесто се стандардизирани, при што одредени прашања се повторуваат во различните тестови.

Димензионалната анализа на овие тестови базирана на лексички, рационални или теоретски основи сугерира дека со неколку домени на интерес можат да се опфатат голем број на изрази кои ги опишуваат индивидуалните разлики, какви што се домените “екстравертност/интровертност” и “невротичност/емоционална стабилност”, како и “љубезност” (“agreeableness”), “совесност” (“conscientiousness”), “отвореност” (“openness”).

Индивидуалните разлики се битни до степен до кој се прави разлика во одредена карактеристика на индивидуите, односно до степенот до кој може да се предвиди однесувањето на индивидуите во одреден контекст врз основа на разликите на тие индивидуи во дадена особина. На пример дали според разликите во когнитивните способности може да се предвиди како индивидуите ќе ја извршуваат својата работа, или пак дали когнитивните способности можат да предвидат дали индивидуата ќе заврши факултет и сл. Не-когнитивните аспекти на индивидуалните разлики можат исто така да предвидат важни карактеристики од реалниот живот. На пример екстровеертноста е тесно корелирана со способноста за правење профит кај продавачите, совесноста го предвидува квалитетот на работата, и сл.

Препознавањето на индивидуалните разлики и обезбедувањето на адаптивна едукативна околина во која ќе се почитуваат и охрабруваат учениците има клучна улога во обезбедувањето на оптимални услови во кои учениците ќе можат да го

постигнат својот максимален успех во реализирањето на едукативните цели и резултати.

3.3.1 Фактори кои влијаат на образовните резултати

Академските истражувања за идентификација на факторите кои влијаат врз образовните резултати користат напредни статистички методи за анализа и определување на корелацијата помеѓу влезните фактори и образовните резултати, со цел да дојдат до значајни заклучоци кои можат да се применат во обезбедувањето на услови за максимална ефективност во учењето на секој индивидуален ученик. Академските перформанси претставуваат одредница според која се обликува натамошната кариера на учениците, па затоа се напорите за истражување на оние фактори кои можат да ги предвидат академските перформанси на учениците. Најчесто истражувани фактори се когнитивните способности како и карактеристиките на личноста. Покрај тоа идентификувани се и други фактори кои влијаат на образовните резултати како стилот на учење, личните карактеристики како навики, интереси и однесување, потоа релацијата на ученикот со наставникот и врсниците, фактори од околината какви што се условите во училиницата, користењето на технологија како едукативен медиум, начинот на презентација на содржините и сл.

Студиите на Furnham, Chamorro-Premuzic, & McDougall (2002), Busato et al. (2000) и Von Stumm & Furnham (2012), потврдуваат дека когнитивните способности, стилот на учење, карактеристиките на личноста како и мотивацијата претставуваат клучни фактори за предвидување на академскиот успех на студентите.

Стилот на учење како еден од клучните фактори кои влијаат на перцепцијата и задоволството на учениците со едукативниот процес. Во студијата на Gurpinar et al. (2010) се вклучени 170 студенти по медицина, при што се истражувани релациите помеѓу стилот на учење, задоволството со наставата и академските постигнувања. Студијата го користи моделот на Kolb кој ги класифицира стилите на учење како: “Приспособлив” (“Accommodator”), “Дивергентен” (“Diverger”), “Конвергентен” (“Converger”) и “Асимилатор” (“Assimilator”). Студијата покажува дека кај учениците со стил на учење од групата Асимилатор, е можно да се предвиди академскиот успех од задоволството при наставата.

Карактеристиките на личноста како клучен фактор кој се проучува во влијанието врз едукативните резултати е истражуван во повеќе студии. Во студијата на Furnham, Jackson & Miller (1999) се истражува влијанието на личноста и стилот на учење врз квалитетот на работа. Студијата вклучува 200 учесници кои го пополниле прашалникот Eysenck Personality Inventory (EPI) со кој се одредуваат карактеристиките на личноста и Mumford’s Learning Styles Questionnaire (LSQ) со кој се определува стилот на учење, при што доаѓаат до заклучок дека овие фактори значајно влијаат врз работните перформанси.

Во мета-анализата на Trappmann et al. (2007) се истражува влијанието на т.н. “Големи Пет” карактеристики на личноста (“Big Five”) и тоа: Отвореност, Совесност, Екстрвертност, Емпатичност и Невротичност (Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, Neuroticism) врз академскиот успех на студентите во високото образование. Успехот бил мерен со неколку

критериуми и тоа: оценките, продолжувањето на студиите и задоволството. Студијата утврдува дека Невротичноста е во релација со задоволството, а дека Совесноста е во корелација со оценките, додека пак Екстрoвертноста, Отвореноста и Усогласеноста немаат значајно влијание врз академскиот успех.

Во студијата на Duff et al. (2004) се истражува релацијата помеѓу стилот на учење, карактеристиките на личноста и академските перформанси. Стилот на учење е проценет според прашалникот RASI (Revised Approaches to Studying Inventory) а карактеристиките на личноста според “Големите Пет” фактори. Со користење на методот на “Структурни равенки” (“Structural equation modelling”) се дошло до заклучок дека “Големите Пет” фактори објаснуваат од 22.7 – 43.6% од варијансата во оценките на испитаните 146 студенти на општествени науки.

Во студијата на Von Stumm, Hell & Chamorro-Premuzic (2011), покрај когнитивните способности и карактеристики на личноста се испитува и факторот интелектуална љубопитност, при што резултатите покажуваат дека најсилен фактор кој ги предвидува академските перформанси е интелектуалната способност и дека ефектот на интелектуалната способност врз перформансите не е условен од карактеристиките на личноста. Покрај когнитивните способности во директна корелација со академските перформанси се и Совесноста како карактеристика на личноста како и интелектуалниот ангажман како маркер за интелектуалната љубопитност.

Едукативната околина претставува друг фактор кој влијае на академските перформанси, посебно во мешаните едукативни сценарија кои вклучуваат користење на технологија во наставата. Синхроните околинати каква што е видеоконференциската врска нудат предност на учениците со посоцијални афинитети кои преферираат интеракција со врсниците. Од друга страна, асинхроните средини кои им овозможуваат на учениците да учат според сопствено темпо, распоред и автономија се попријатни за учениците кои преферираат самостојност (Liu & Ginther, 1999).

Влијанието на медиумската презентација врз прифаќањето на електронските системи за учење е разгледувано во студијата на Liu, Liao & Pratt (2009). Авторите истражуваат три различни типа на медиуми и тоа текст, аудио снимка и видео снимка. Воочената корисност и ставот на корисниците се земени како фактори за предвидување на спремноста да се користи системот. Ефектите на медиумот врз задоволството и ангажираноста се дадени во студиите на Sun et al. (2008) и Navice et al. (2010). Авторите заклучуваат дека асинхроните богати медиуми го зголемуваат задоволството на студентите со електронските курсеви.

3.3.2 Когнитивни способности

Когнитивните способности (cognitive abilities) претставуваат множество од ментални способности и процеси, со кои што се стекнува знаење вклучувајќи ги перцепцијата, интуицијата и резонирањето. Тие ги управуваат мозочните активности и ментални процеси кои се потребни за да се изврши било која работа, ги управуваат механизмите на учење, помнење, и сл. Когнитивните способности кај децата ја претставуваат нивната способност да извршуваат ментални операции, да обратат внимание на нештата, за помнат и да комуницираат за она што го имаат научено.

Интелегенцијата пак преставува сумарна оценка на повеќе когнитивни способности и потенцијали. Според Американската Асоцијација на Психолози (АРА), интелегенцијата ја опишува способноста на една индивидуа да разбере комплексни идеи, да се адаптира кон средината, да учи од искуството и да е способна за резонирање и донесување одлуки во најразлични ситуации. Интелегенцијата се мери со т.н. “коефициент на интелегенција” (IQ) кој претставува оценка од тест кој што ги рангира когнитивните способности на една индивидуа во однос на генералната популација. Тестовите се дизајнирани да ја мерат генералната способност за решавање проблеми и разбирање на концепти. Како што е нагласено во претходните поглавја, постои силна позитивна корелација помеѓу интелегенцијата и успехот во училиште и на работа. Тестовите на интелегенција ја мерат не само количината на знаење која една индивидуа ја поседува туку и способноста за разбирање на идеи. Затоа учењето на нови информации не мора да значи дека го зголемува IQ. Интелектуалната способност повеќе зависи од генетските фактори отколку од околината во која се развива индивидуата, но сепак постои милсење дека збогатувањето на таа околина со соодветни содржини има значајна улога во развојот на интелегенцијата.

Коефициентот на интелегенција (IQ) кај возрасни индивидуи не се менува значајно со тек на времето. Дури и интелектуално стимулирана средина која придонесува за развојот на когнитивните способности не гарантира дека значајно ќе влијае врз зголемувањето на IQ резултатот.

Тестовите за мерење на интелегенцијата се менувале и еволуирале во тек на времето, зависно од разбирањето на концептот на интелегенција во дадениот момент. Првиот научен тест за интелегенција е конструиран од Alfred Binet во раните 1900ти години и тој бил дизајниран за да им овозможи на едукаторите доверлив метод за определување на децата со посебни потреби во школската популација. Со помош на овие тестови се определувало кои деца треба да посетуваат специјални часови а кои пак се вклопуваат во редовната настава. Со овој пристап се вршело мерење на “општата ментална способност” на децата и резултатот од тие тестови се земал за да се предвиди која едукативна околина е најдобра за секое дете.

Понатаму овој тест е надграден со т.н. Binet-Simon тест кој претставува надополнување на претходниот со тоа што е земена во предвид возраста на децата, бидејќи станало јасно дека способностите и капацитетот на децата се унапредуваат и прошируваат како што децата се развиваат. Понатаму од страна на Lewis Terman е развиен т.н. тест “Stanford Revision of the Binet-Simon Scale”, во кој интелегенцијата се дефинира преку четири посебни когнитивни фактори: вербално резонирање, квантитативно резонирање, апстрактно/визуелно резонирање и краткотрајна меморија. Според овој тест резултатот за IQ се пресметува врз база на математичка споредба на тестираната ментална возраст со очекуваната за таа возраст. Во денешно време еден од најчесто користените тестови за интелегенција за деца од основно образование е т.н “Wechsler Intelligence Scale for Children” (WISC-IV) кој е развиен од David Wechsler.

Иако интелегенцијата се мери врз основа на повеќе компетенции и способности, сепак постојат неколку когнитивни способности кои силно влијаат врз целокупната интелегенција на една личност. Брзината на когнитивно процесирање (колку брзо ги решаваат менталните задачи) како и способноста да ефективно ги користат когнитивните стратегии (колку брзо можат да изберат соодветна стратегија за решавање на проблем) се покажале како фактори кои силно влијаат на измерената

интелегенција, при што оние индивидуи кои се побрзи и поефикасни во решавањето на проблеми најчесто имаат и повисок IQ. Когнитивната брзина и ефикасност се сметаат како аспекти на детската способност за процесирање на информации.

3.3.3 Стил на Учење

Истражувањата кои се спроведуваат за стилот на учење и неговото влијание врз едукативните резултати разгледуваат најразлични аспекти какви што се емоционалните, социолошки, когнитивни, влијание на околината и сл. Одредувањето на стилот на учење на учениците е важно за да може да се обезбедат соодветни услови кои ќе одговараат на афинитетите на секој ученик, на пример обезбедување на тивка или гласна околина, силно или придушено осветлување, начин на седење, движење, работа во група или самостојно и сл. Понатаму стилот на учење го одредува начинот на кој учениците најлесно ги помнат информациите и тоа преку слушање, гледање, пишување, преку директно искуство или пак како комбинација од неколку начини. Периодот од денот кога учењето е најефикасно се покажало како значаен аспект на стилот на учење па така некои ученици најдобро учат во утринските часови а некои пак напладне, попладне, или пак навечер (Dunn, Beaudry & Klavas, 2002). Некои истражувања укажуваат на поврзаноста на стилот на учење со хемисферите во мозокот, па така кај некои ученици е поизразена левата а кај некои десната хемисфера. Карактеристично за оние со поизразена лева хемисфера, кои уште се нарекуваат и аналитички или индуктивни личности, е тоа што учат последователно во мали чекори додека да постигнат разбирање на материјата. Оние пак со поизразена десна хемисфера уште се нарекуваат глобални или дедуктивни, полесно учат преку разбирање на поширокиот контекст а потоа се фокусираат на деталите (Rose & Nicholl, 1997).

Начинот на кој е уредена училницата исто така влијае стимулирачки или пак инхибиторно врз учениците со различен стил на учење. Четири главни елементи се покажале како најзначајни во таа смисла и тоа дали осветлувањето е силно или слабо, дали звуците се силни или тивки, дали температурата е повисока или пониска и дали начинот на седење е формален или пак неформален (Dunn, 1987).

Влијанието на социјалниот контекст во кој се одвива наставата, односно афинитетите на учениците кон учење во група или пак самостојно учење е истражувано во студијата на Price (1980). Според оваа студија учениците од повисоките основни оделенија се помалку мотивирани да учат директно од наставниците, но преферираат учење во помали групи односно покажуваат посилна мотивираност кога работат со врсниците. Оваа тенденција почнува да се намалува во средното образование кога учениците покажуваат поголеми афинитети да учат самостојно отколку во група. Исто така и надарените ученици покажувале поголема тенденција да учат самостојно, а кога учат во група преферираат да учат со други надарени ученици. Обезбедувањето на социјален контекст кој одговара на афинитетите на учениците се покажало како значаен фактор кој влијае врз нивните резултати.

Временскиот период во кој се одвива наставата исто така се покажал како еден аспект кој ги дефинира афинитетите на учениците. Истражувањата покажале дека најголемиот дел од учениците не го преферираат утрото за учење. Околу 28% од учениците од основното образование се покажале дека можат да учат наутро, но голем број од нив не биле во состојба да совладаат потежок материјал пред 10 часот, а исто така голем број

најдобро учеле дури во попладневните часови (Dunn, Beaudry & Klavas, 2002; Price, 1980). Исто така истражувањата покажале дека голем број од подпросечните и проблематични ученици претежно не сакаат да учат наутро па кога биле префрлени во попладневна настава покажале значително поголем успех (Griggs & Dunn, 1988).

Имајќи го во предвид многуте аспекти кои го определуваат стилот на учење, во литературата не постои единствена дефиниција за стил на учење. Развиени се многу модели кои опишуваат стил на учење, при што некои од нив се меѓусебно исклучиви но заедничко е што сите модели имаат развиено методологија за мерење и определување на стилот на учење. Неколку од широко распространетите модели се дадени во продолжение.

Колб-ов модел на стил на учење (Kolb Learning Style Model). Овој модел го дефинира учењето како “процес во кој знаењето се креира преку трансформација на искуството” додека пак стилот на учење како “генерализирани разлики во начинот на учење базирани на степенот до кој се истакнуваат четирите типови кои го карактеризираат процесот на учење” (Kolb, 1984). Имено овој модел најпрво дефинира четири основни типови на учење и тоа: Активно експериментирање (active experimentation), рефлексивно набљудување (reflective observation), конкретно искуство (concrete experience) и апстрактна концептуализација (abstract conceptualization). Врз основа на овие четири типови на учење, се дефинирани четири основни стилови на учење и тоа (Liu & Ginther, 1999):

- 1) **Конвергер (Converger)**, кој е базиран врз типовите Активно експериментирање и апстрактна концептуализација. Индивидуите со овој стил на учење предничат во техничките задачи но се инфериорни во социјалните и меѓучовечките односи.
- 2) **Дивергер (Diverger)**, кој претставува спротивност на претходниот стил на учење односно конвергерот. Овој стил се базира на типовите конкретно искуство и рефлексивно набљудување. Индивидуите со овој стил на учење имаат тенденција да да организираат конкретни ситуации, да ги структурираат нивните односи со околината, генерираат алтернативни идеи и се склони кон уметност и социјални студии.
- 3) **Асимилатор (Assimilator)**, кој е базиран на типовите апстрактна концептуализација и рефлексивно набљудување. Овој стил на учење е супериорен во индуктивното резонирање и креирање на теоретски модели. Индивидуите со овој стил на учење се склони кон апстрактни концепти и идеи, а помалку склони кон социјалните студии.
- 4) **Акомодатор (Accommodator)**, е спротивен на претходниот стил асимилатор. Овој стил се базира на активно експериментирање и конкретно искуство. Индивидуите со овој стил на учење се карактеризираат со предност во извршувањето задачи, имплементирање планови и отпочнување на нови задачи. Тие се спремни за преземање ризици, барање можности и можат брзо да се адаптираат на нови ситуации. Овие личности лесно комуницираат со луѓе и имаат тенденција кон акциони работи какви што се маркетинг, продажба и сл.

Грегорк-ов модел на стил на учење (Gregorc Learning Style Model). Овој модел го дефинира стилот на учење како “карактеристично однесување кое може да се обсервира и кое обезбедува информации за способностите на индивидуата, како нејзиниот ум кореспондира со надворешниот свет и начинот на кој учи” (Gregorc,

1979). Според Gregorc секоја индивидуа има природни предиспозиции за учење, при што дефинира четири стилови на учење со соодветна метрика од 10-40. Тие стилови се:

- 1) **Конкретен-Секвенционален**, кој преферира директно искуство, редослед и логичка секвенца на задачите
- 2) **Апстрактен-Секвенционален**, кој преферира работа со идеи и симболи, сака да се фокусира на задачата без да се вознемирува
- 3) **Апстрактен-Случаен**, кој се фокусира на луѓето и околината, преферира дискусии и конверзација
- 4) **Конкретен-Случаен**, кој сака да експериментира и да превзема ризици, да истражува неструктурирани проблеми, користи интуиција и наоѓа решенија преку проба и грешки.

VARК модел на стил на учење (Visual/Aural/Read & Write/ Kinesthetic). Овој модел е развиен од страна на Niel Fleming и го дефинира стилот на учење како ”карактеристичен и префериран начин на собирање, организирање и размислување за информациите. Моделот VARК го претставува афинитетот кон примањето инструкции бидејќи разгледува перцепциски типови на учење. Овој модел ги обработува начините на кои индивидуата прима и предава информации” (Fleming, 2006). Според VARК моделот се разликуваат четири основни типови на учење, но индивидуата може да поседува афинитети и кон повеќе од еден тип на учење при што за таквата индивидуа се вели дека има мултимодален стил на учење. Основните четири типови се:

- 1) **Визуелен** (Visual), кој се карактеризира кај индивидуи кои преферираат мапи, графици, дијаграми, брошури, слики, и колоритни презентации на информациите.
- 2) **Аудио** (Aural), кој е карактеристичен кај индивидуи кои сакаат објаснување на идеите, дискусии со наставникот и соучениците, сакаат аудио записи, приказни и сл.
- 3) **Чита/Пишува** (Read/Write), кој е карактеристичен за индивидуи кои преферираат есеи, текстови, печатени материјали, веб страници и други белешки.
- 4) **Кинетички** (Kinesthetic), кој е типичен за индивидуи кои сакаат патувања, учат преку проба и грешка, лабораториски вежби, користат сетила, сакаат директна вклученост во експерименти и сл.

Фелдер-Силверман модел на стил на учење (Felder-Silverman Learning Style Model). Според овој модел стилот на учење се дефинира како “типични преференци во начините на примање и процесирање на информациите кај индивидуите” (Felder & Silverman, 1988, p. 674). Според овој модел стилот на учење е типизиран на неколку биполарни типови и тоа:

- 1) **Активен-Рефлексивен** (Active-Reflective). Активните ученици сакаат да учествуваат во активностите, и тоа посебно во групните активности, додека пак рефлексивните сакаат да работат самостојно и да имаат време за размислување пред да започнат да решаваат одредена задача.
- 2) **Сетилен-Интуитивен** (Sensing-Intuitive). Сетилните ученици сакаат факти, податоци, експерименти и детали, додека интуитивните преферираат идеи и теорија, посебно кога се работи за некоја нова идеја.

- 3) **Вербален-Визуелен (Verbal-Visual)** Вербалните ученици сакаат да ги слушнат информациите, да дискутираат, додека пак визуелните типови сакаат слики, симболи, графици, дијаграми и сл.
- 4) **Секвенцијален-Глобален (Sequential-Global)**. Секвенцијалните типови на ученици сакаат линеарно резонирање, чекор по чекор процедури, и постепено стекнување на знаењето. Глобалните типови сакаат интегриран пристап, при што го согледуваат целосно системот или образецот пред да направат интуитивни заклучоци.

Дан-Дан модел на стил на учење (Dunn and Dunn Learning Style Model). Според овој модел стилот на учење се дефинира како “начинот на кој секоја индивидуа се концентрира, процесира и задржува нови и потешки информации” (Dunn, Dunn & Price, 1989). Овој модел дефинира пет основни димензии т.н. стимули со соодветни елементи според кои се разликуваат стиловите на учење на секоја индивидуа, и тоа:

- 1) Околина со елементите звук, светло, температура, и начин на седење во училницата. Оваа димензија ги одразува разликите помеѓу индивидуите во смисла на афинитет кон осветлување, гласност, температура и распоред во училницата.
- 2) Емоционален со елементите мотивација, истрајност, одговорност и структура. Оваа димензија ги одразува разликите во смисла на самостојност на учениците, при што на една крајност се оние кои се сосема самостојни во учењето а на другата оние на кои им е потребна значајна поддршка.
- 3) Социолошки со елементите индивидуално учење, учење во парови и тимови, со наставник и мешано учење. Оваа димензија ги одразува разликите во афинитетот кон интеракција со врсниците при што некои ученици преферираат самостојно учење а некои во група.
- 4) Физиолошко со елементите перцепција, земање храна во тек на учењето, хронологија и потреба за движење. Физиолошката димензија ги одразува разликите во однос на начинот на кој најлесно се перцепираат информациите како визуелно, аудио прием, понатаму времето кое е најпогодно за учење, потреба за движење во тек на учењето и сл.
- 5) Психолошко со елементите глобално/аналитичко, лева/десна хемисфера, импулсивно/рефлексивно. Оваа димензија се однесува на генералната стратегија на учениците кон зададените задачи. Некои ги гледаат задачите глобално како голема слика, додека пак други преферираат совладување на поедни секвенци дел по дел.

RASI модел на стил на учење (Revised Approaches to Studying Inventory). Овој модел го дефинира стилот на учење како “збир од карактеристичните когнитивни, афективни и психолошки фактори кои служат како индикатор за тоа колку индивидуата соработува и одговара на едукативното опкружување” (Duff, 2004). Овој модел дефинира три основни приоди кон учењето:

- 1) **Длабок (deeper)**. Овој тип на учење го поседуваат индивидуите кои ја бараат смислата во тоа што го учат, уживаат во процесот на учење, ги поврзуваат претходно научените работи, се логичари и критички пристапуваат кон наученото.

- 2) **Површински** (surface). Индивидуите со овој стил на учење претежно само ги меморизираат информациите, помалку користат логичко резонирање и честопати имаат потешкотии во учењето.
- 3) **Стратешки** (strategic). Овој пристап е карактеристичен за оние индивидуи кои го организираат своето учење како рутински активности, си го распоредуваат времето, и учат за да постигнат добра оценка.

3.3.4 Карактеристики на личноста

Теоријата за карактеристиките на личноста е гранка од психологијата која се бави со проучување на личноста на индивидуите. Карактеристика на личноста го претставува начинот на кој индивидуата перципира, чувствува, верува или се однесува. Според Gordon Allport некои карактеристики на личностите се централни и заеднички за одредена култура и најчесто истите не се менуваат во тек на времето, додека пак некои карактеристики се секундарни и лесно се менуваат во тек на времето (Allport, 1961).

Иако постои огромен број на потенцијални карактеристики на личноста, со помош на статистичката техника Фактор анализа (Factor analysis) се покажало дека одредени групи на карактеристики се тесно поврзани и корелирани помеѓу себе. Истражувачите направиле напори за систематизирање на карактеристиките на личноста, па така се појавиле повеќе теории кои ги опишуваат главните карактеристики на индивидуите. Некои од тие теории се дадени во продолжение.

Една од најраните теории е теоријата на Јунг, која ги обработува оние карактеристики кои се генетски определени и кои тој ги нарекува темпераменти. Оваа теорија препознава два дихотомни парови на когнитивни функции и тоа:

- рационални функции: размислување и чувствување
- ирационални функции: осет и интуиција

Оваа теорија подоцна Isabel Myers и Katharine Briggs ја прошируваат и ја поставуваат т.н. Myers-Briggs теорија за типови на личности во која наведуваат четири дихотомни парови на психолошки карактеристики од кои како комбинација можат да произлезат шеснаесет типови на личности (Briggs, 1976). Овие дихотомни парови се:

- Екстровертност – Интровертност
- Осет – Интуиција
- Размислување – Чувствување
- Расудување - Перцепција

Авторите го развиеле психометрискиот тест на личноста наречен Myers-Briggs Type Inventory (MBTI), кој има за цел да ги измери психолошките афинитети во начинот на перцепција и донесување на одлуки кај индивидуите.

Hans Eysenck ги истражува оние аспекти од личноста кои се претежно генетски базирани при што за првпат користи фактор анализа за да изврши систематизација на листата на потенцијални карактеристики и да открие кои карактеристики имаат најголеми тежински фактори (Eysenck, 1958). Како резултат на неговата работа е создаден тестот на личност т.н. “Eysenck Personality Questionnaire” (EPQ). Тој

препознава три основни карактеристики на личноста кои ги нарекува димензии кои се мерат на посебни скали и тоа:

- **Екстровеерност.** Според резултатот од тестот EPQ личноста може да биде рангирана како екстровеертна ако има висок резултат, интравеертна доколку има нисок резултат или пак како што е најчест случај некаде помеѓу двата екстреми.
- **Невротиичност.** Личностите со висок резултат на оваа скала се повеќе нервозни, емотивни и имаат тенденција да развијат невротични проблеми како фобии, опсесии, депресија и сл. На обратната страна од скалата на невротичност е емоционалната стабилност.
- **Психотиичност.** Оваа димензија е додадена подоцна откако се обработени податоците од личности во ментални институции, при што луѓето со висок резултат на оваа скала често пати имаат проблем да се соочат со реалноста, и можат да развијат психотични проблеми.

Подоцна е развиена верзија на EPQ тестот за определување на карактеристиките на личноста кај млади луѓе и е позната како “Junior Eysenck Personality Questionnaire Revised (JEPQR-S)” (Corulla, 1990). JEPQR-S претставува прашалник од 48 прашања кои треба да се одговорат со “да” или “не”. Тие прашања се поделени во четири групи од по 12 прашања, при што од секоја група произлегува индекс кој ја мери екстровеерноста, невротичноста, психотиичноста и искреноста кај тестираните млади луѓе. Секое прашање се оценува со 1 ако одговорот е “да” или 0 ако одговорот е “не”, при што за секој индекс се добива вредност на скалата [1-12] со кој се мери соодветната карактеристика на личноста.

Една адаптирана верзија на JEPQR-S за државите кои потекнуваат од Југословенските републики претставува HANES скалата на Невротичност и Екстровеерност, наменета за младина од 8 до 18 години (Bele-Potočnik, Hadžiselimović & Tušak, 1977). HANES методологијата користи два прашалника HANES-1 кој содржи 36 прашања и HANES-2 со 32 прашања, кои заедно се користат за да ги одредат карактеристиките на личноста на младите луѓе и тоа Невротичност (N1), Екстровеерност (E3 која се состои од две подкарактеристики и тоа Социјалност (E1) и Активност (E2)) како димензијата Искреност (L).

Една од последните теории која е проширување на теоријата на Eysenck е т.н. теорија на “Големите Пет” карактеристики на личноста (“BigFive”). Овие карактеристики се следниве:

- **Отвореност (Openness).** Карактеристика која го рефлектира степенот на интелектуална љубопитност, креативност и отвореност кон нови искуства. Исто така опишува колку личноста е независна, имагинативна, разноврсна во активностите и сл.
- **Совесност (Conscientiousness).** Карактеристика која ја рефлектира тенденцијата кон организираност, само-дисциплина, планирање и стремење кон целта.
- **Екстровеерност (Extraversion).** Карактеристика на енергични, позитивни емоции, социјални личности.
- **Емпатиичност (Agreeableness).** Карактеристика на индивидуите кои се внимателни и кооперативни за разлика од оние кои се сомнителни и антагонистички настроени кон другите.

- **Невротичност (Neuroticism).** Карактеристика која одразува тенденција кон непријатни емоции, како лутина, вознемиреност, депресија и сл. Обратно на нецротичноста е емоционалната стабилност.

Најчесто користена алатка за определување на “Толемите Пет” карактеристики на личноста е тестот наречен “Revised NEO Personality Inventory” (NEO PI-R) кој е конструиран од Paul Costa (Costa, 2008) и кој содржи 240 прашања според кои се одредуваат петте карактеристики на личноста.

3.4 Задоволство во образовниот процес

Задоволството од образовниот процес се наметнува како значајно прашање не само во поглед на подобрување на оценките и академските перформанси туку и од аспект на истрајноста и тенденцијата на учениците да го продолжат образованието. Во литературата се среќаваат бројни истражувања кои ја потврдуваат позитивната корелација помеѓу задоволството од наставата и академските перформанси (Samdal, Wold & Bronis, 1999; Chow, 2003; Eom & Arbaugh, 2011; Mustafa & Chiang, 2006).

Покрај добро воспоставената релација помеѓу когнитивните способности, карактеристиките на личноста, стилот на учење и академските перформанси, задоволството како субјективна перцепција за образовниот процес добива се поголемо значење во креирањето на образовни политики и програми. Субјективната перцепција на учениците зависи од повеќе фактори како индивидуални навики, интереси и ставови, односи со наставниците и соучениците, како и фактори од околината како училишниот амбиент, користењето на технологија како едукативен медиум, начин на презентација на содржините и сл.

Во студијата на Chow (2003), се истражува едукативното искуство кое произлегува од степенот на задоволство на ученикот со содржината на курсевите, квалитетот на подучување на наставникот, образовните достигнувања, условите во училиштето и училишниот живот како детерминанти на академските перформанси, при што е најдена силна зависност помеѓу истите. Студијата покажува дека задоволството кај учениците исто така е значајно зависно и од стилот на учење како и едукативната околина.

Студијата на Henry (2008) која ја истражува корелацијата помеѓу задоволството и стилот на учење, покажува дека во електронска мешана едукативна околина визуелниот стил на учење е во позитивна корелација со задоволството на учениците, додека пак во класична традиционална училишница е во негативна корелација.

Студијата на Grayson (2004) користи моделирање преку структурни равенки за да изгради два модели: модел на пристрасност на студентите и модел на ефективност на наставата, преку кои се истражува релацијата помеѓу задоволството кај студентите и просечната оценка како и релацијата помеѓу перформансите на професорот и просечната оценка. Студијата наоѓа дека релацијата помеѓу професорот и просечната оценка е незначителна, но наоѓа и силна зависност помеѓу задоволството со наставата и просечната оценка. Покрај тоа студијата наоѓа дека задоволството со наставата директно зависи и од одредени карактеристики на личноста кои ги предиспонираат студентите кон позитивна евалуација на нивните искуства.

3.5 Квалитет на учење

Едукативните истражувања кои се ориентирани кон проучување и пронаоѓање на начините на кои може да се унапреди, мотивира, поддржува и збогатува едукативниот процес, се познати како квалитет на учење. Ове истражувања вклучуваат повеќе аспекти кои почнуваат од едукативната околина, дизајн на курикулумот, оценување, олеснување и сл. за чие остварување е потребна јасна методологија со јасно дефинирани принципи и вештини за да се испорачаат посакуваните цели. Таква едукативна околина треба да се креира и одржува преку соодветни методологии кои го унапредуваат учењето.

Клучните принципи кои треба да се обезбедат за да се постигне квалитетно учење кај учениците се следниве (Smith & Apple, 2007):

- воспоставување на висок степен на доверба и почит помеѓу наставникот и учениците, каде знаењето се стекнува во ученик-ориентирана околина.
- обезбедување на средина во која и учениците и наставниците се посветени на успехот на ученикот како нивна заедничка цел. Во таква околина ученикот чувствува дека наставникот е посветен на неговиот успех, но исто така и наставниците се мотивирани да работат со посеветни ученици наместо незаинтересирани за наставата
- мотивирање, предизвик и поттик на ученикот уште пред да започне да го учи материјалот и во тек на образовниот процес за да го постигне својот максимален потенцијал
- поставување на јасни и високи очекувања, бидејќи ангажираноста на учениците зависи од поставените очекувања на почетокот на едукативниот процес и најчесто учениците работат толку колку што е потребно да ги исполнат тие очекувања
- охрабрување на учениците да преземаат ризици, што значи охрабрување на учениците дури и кога покажуваат неуспех во одредени задачи да добијат поддршка од своите наставници за да продолжат понатаму кон успешната реализација на задачите
- да се бара од учениците повратен одговор преку серии на тестирања
- да се мери и документира напредокот, што е важна информација за секој ученик бидејќи ако нема преглед на неговиот напредок или стагнација може да дојде до опаѓање на мотивираноста
- креирање на кооперативна средина за учење, бидејќи се покажало дека учениците се повеќе мотивирани кога соработуваат во решавањето на проблеми и задачи
- креирање на баланс помеѓу структурата и флексибилноста, односно создавање на околина која покрај добрата организираност треба да биде флексибилна и да одговара на потребите за промена односно да овозможува динамичка интеракција и приспособливост кон сите учесници во едукативниот процес вклучувајќи ги и учениците и наставниците.

Иако дизајнирањето на материјалот и припремата на часовите се во прв план при креирањето на образовните програми, при што често пати се запоставуваат аспектите кои го унапредуваат квалитетот на учење, се повеќе станува јасна неопходноста да се имплементираат принципите на квалитетот на учење со кои се унапредува наставниот

процес и се стимулира учењето кај учениците. Овие принципи се само почеток во истражувањата и подеталното разбирање на повеќе димензионалните фактори кои влијаат врз квалитетот на учењето, за кој се уште се испитуваат искуствата и се прошируваат анализите на факторите на влијание врз истиот.

ГЛАВА 4

Квалитет на искуство (QoE)

Субјективната перцепција на едукативниот процес од страна на инволвираните учесници може да се изрази преку степенот на задоволство од истиот. Задоволството со едукативниот процес директно влијае на академските перформанси на учениците (Samdal, Wold & Bronis, 1999). Затоа е потребно да се прават постојани обиди за адаптирање и приближување на едукативниот процес и едукативната околина кон потребите на учениците, за да се обезбеди оптимален успех кај секој поединец. Од педагошка гледна точка, поместувањето од класичната наставник-ориентирана настава кон ученик-ориентираните модели, значи поставување на индивидуалните потреби и стил на учење во центарот на едукативниот процес со што се обезбедува оптимална средина во која учениците ќе го развијат својот реален потенцијал.

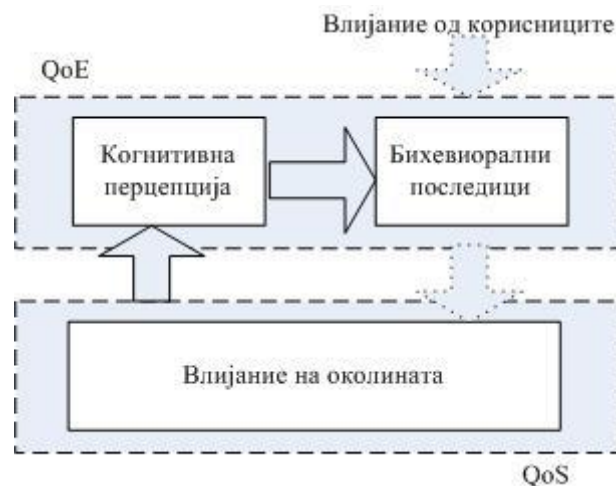
Кога едукативниот процес е подржан со одредена технологија или производ, субјективната мерка за задоволство се изразува како “Квалитет на Искуство” (“Quality of Experience” - QoE). Според *ITU-T P.10/G.100*, квалитетот на искуство се дефинира како субјективна перцепција на крајниот корисник за севкупната прифатливост на одредена апликација или сервис. Квалитетот на искуство претставува субјективна метрика во која се вклучени повеќе димензии како перцепцијата на корисникот, неговите очекувања, искуството со дадениот сервис како и перформансите на вклучената технологија. Затоа се смета дека квалитетот на искуство произлегува од збирот на сите ефекти на системот врз корисникот, во кои спаѓаат вклучената технологија но и субјективниот контекст и очекувања на крајниот корисник. Затоа се смета дека квалитетот на искуство има субјективна природа, од што произлегува дека неговата квантификација и мерење не се тривијални. Во литературата се среќаваат повеќе обиди да се пристапи кон концептот на квалитет на искуство во смисла на корисничка перцепција, очекувања и искуство (Patrick et al. 2004; Siller & Woods, 2003). Типичен пример на таков обид е пристапот на телото “ITU-T Focus Group on IPTV” (International Telecommunication Union, *ITU-T IPTV Focus Group Proceedings*, 2008) според кое квалитетот на искуство се мери преку презентирање на соодветни тестови и анкети на корисниците од кои што произлегува одредена нумеричка вредност која се нарекува “Средна Оценка на Мислењето” (“Mean Opinion Score” - MOS).

MOS методот ги задоволува потребите за субјективно мерење на квалитетот на искуство, но неговата основна слабост е малата ефикасност во смисла на тоа што е потребен значаен напор да се обезбедат и достават прашалниците до корисниците, па дури потоа да се соберат пополнетите прашалници за да се искалкуира средната оценка на мислењето. Заради тоа се направени повеќе напори да се “објективизира” квалитетот на искуство, односно да се направи негова корелација со одредени параметри кои можат објективно да се мерат (Kuipers, Kooij, De Vleeschauwer & Brunnström, 2010). Овие параметри се поделени и класифицирани како параметри кои го означуваат квалитетот на мрежниот сервис преку кој се доставува содржината до корисникот во кои спаѓаат: варијацијата во каснење на пакети (jitter), вкупно каснење (delay), загуба на пакети (packet loss) и сл. Со оваа класа на параметри се квантифицира мерката позната како Мрежен Квалитет на Сервис (Network Quality of Service - NQoS). Другата класа на параметри се однесува на квалитетот на обезбедената содржина во која спаѓаат: видео-квалитет, аудио-квалитет, каснење на звукот во однос на сликата и

сл. Вторава класа на параметри ја квантифицира мерката позната како Апликативен Квалитет на Сервис (Application Quality of Service - AQoS). Мрежниот и Апликативниот Квалитет на Сервис заедно ја сочинуваат севкупната објективна мерка за перформансите на мрежата, позната како Квалитет на Сервис (Quality of Service - QoS).

Обидите да се долови субјективната природа на квалитетот на искуство се направени во повеќе наврати. Така авторите во студијата на Wu et al. (2009) го дефинираат квалитетот на искуство како “Мулти-димензионален конструкт составен од перцепции и однесувања на корисникот, преку кои се прикажуваат неговите/нејзините емоционални, когнитивни реакции како и реакциите во однесувањето од субјективна и објективна природа при користењето на системот”. Оваа дефиниција се базира на психолошките теории според кои стимулите од околината силно влијаат врз когнитивните перцепции, па оттука ги моделираат намерите и резултатите при однесувањето. (Mehrabian & Russell, 1974). Ако технолошките системи се третираат како “околина”, тогаш нивното влијание квантифицирано преку метриците на квалитетот на сервис, водат до субјективни и објективни одговори на нивните корисници, кои заедно сочинуваат дел од “искуството на корисникот”. Според тоа авторите сметаат дека релацијата помеѓу квалитетот на сервис и квалитетот на искуство претставува каузална низа од “влијание на околината->когнитивни перцепции->последници во однесувањето”, при што влијанието на околината се претставува преку метриците на квалитетот на сервис. Графичката интерпретација на оваа врска е дадена на слика 2.

Слика 2: Рамка на каузална врска помеѓу Квалитет на Искуство и Квалитет на Сервис



Квалитетот на искуство е поврзан со квалитетот на сервис но сепак е различен концепт. За разлика од квалитетот на сервис кој се базира на фактот дека карактеристиките на хардверот и софтверот можат да се измерат, унапредат и при одредени услови да се гарантираат, квалитетот на искуство го одразува задоволството на корисникот и во објективна и во субјективна смисла. Тоа значи дека квалитетот на искуство зависи и од самите корисници, бидејќи некои корисници можат да бидат задоволни со помалку ресурси а некои пак со повеќе. Затоа врз квалитетот на искуство влијаат не само параметрите од квалитетот на сервис, туку и од други значајни фактори како: цена, сигурност, ефикасност, приватливост, интерфејс, леснотија на користење, доверливост кај корисникот, и слично.

Во магистерската теза на Mintauckis (2010) е направена систематска анализа на 44 емпириски студии. Главниот фокус на тезата е да се категоризираат истражувањата за квалитет на искуство според субјект, тип на студија, аспекти, цел и резултати. Според оваа теза, произлегува дека “задоволството” претставува најзначаен аспект во оценувањето на квалитетот на искуство. Следниот најистражуван аспект е “загубата на пакети” кој припаѓа на групата “мрежен квалитет на сервис”.

Влијанието на техничките карактеристики на користената технологија врз целокупното задоволство на корисникот со добиениот сервис, како и адаптацијата на перформансите на сервисот при различни мрежни услови се истражува во студијата на Khan et al. (2010). Авторите предлагаат неуро-фази модел, користејќи комбинација на параметри од апликативно и мрежно ниво за да го предвидат квалитетот на доставената видео содржина до корисникот. Авторите во студијата користат ANFIS модел за тренирање на три невронски мрежи за три различни типови на содржини, при што го предвидуваат квалитетот на видеото во смисла на MOS вредност. Точноста на моделот е евалуирана со помош на коефициентот на детерминираност (R^2) и RMSE. Резултатите покажале дека мрежните параметри како ширина на опсег (bandwidth), коефициент на пакети со грешка (packet error rate) имаат многу поголемо влијание на квалитетот на видео во споредба со параметрите од апликативно ниво како број на рамки (frame rate) и брзина на праќање на видео битови (video send bitrate).

4.1 Објективен и субјективен начин на оценување на квалитетот на искуство

Академските истражувања препознаваат два основни пристапи за оценување на квалитетот на искуство: субјективен и објективен. Стандардните субјективни пристапи се базираат на MOS методот, кој во основа се сведува на одговор на корисникот во врска со испорачаниот сервис. Препознавајќи ја улогата на очекувањата на корисникот при оценувањето на квалитетот на искуство, во студијата на Egger et al. (2010) се предлага методологија со која се проширува стандардната MOS метрика со вклучување на интерактивноста како карактеристика на димензијата “очекување” како и со индикатор за социјално присуство. Една рамка за изведување на квалитетот на искуство за видео содржини базирана на MOS оценки во реално време е дадена во студијата на Venkataraman, Chatterjee & Chattopadhyay (2009). Рамката иницијално е конструирана користејќи ги влезните параметри: брзина на битови (bitrate), доцнење (latency) и загуба на пакети (packet loss), за предвидување на квалитетот на искуство, а потоа добиените резултати се споредени со резултатите за MOS вредностите добиени од прашалници пополнети од корисниците. Добиениот процент на грешка од предвидените до реалните MOS вредности варирале од 0.4-4%.

Основниот недостаток на MOS базираните пристапи е нивната цена на чинење и големото време потребно да се изработат, што ги прави овие методи малку ефикасни. Објективните пристапи дизајнирани за да го надминат лимитот на малата ефикасност на MOS методот, користат квантитативни мерки на сигналите или мрежните параметри, обидувајќи се да добијат корелација помеѓу овие параметри и перцепираниот квалитет на искуство. Некои од овие предложени метрики се Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Video Quality Metric (VQM), Structural Similarity Index (SSIM), и т.н. (Kuipers et al., 2010). Една методологија за квантификација на корелацијата помеѓу квалитетот на сервис и квалитет на искуство е дадена во студијата

на Wu et al. (2009). Некои пристапи користат комбинација на обете методологии за да ги надминат слабостите на секој од посебните пристапи. Така рамката EvalVID е дизајнирана да го евалуира квалитетот на пренесеното видео преку мрежа, при што врши мерење на параметрите од мрежниот квалитет на сервис и калкулира PSNR на применото видео. Понатаму оваа рамка обезбедува алатка за конверзија на PSNR во MOS, при што се обидува да ги преслика објективните калкулации во субјективна оценка (Klaue, Rathke & Wolisz, 2003).

Комбинацијата на објективни и субјективни пристапи е корисна за надминување на недостатоците на секоја индивидуална техника. Техниката со која се пресликува PSNR во MOS е најчесто прифатен метод за проценка на квалитетот на искуство при доставување на видео на кое му влијаеле мрежните услови. Сепак од страна на некои истражувачи е демонстрирано дека оваа техника не е адекватна во смисла на корелацијата со перцепираниот видео квалитет.

4.2 Квалитет на Сервис

Според *ITU-T E.800*, квалитетот на сервис се дефинира како колективен ефект на перформансите на одреден сервис со кој се одредува степенот на задоволство на крајниот корисник со сервисот. Со подобрување на перформансите на системот односно со управување со квалитетот на сервис се подобрува и искуството на крајниот корисник со системот. Квалитетот на сервис е мерка за квалитетот на трансмисијата како и расположливоста на сервисот. Добавувачите на системи обезбедуваат најразлични механизми за обезбедување и управување со квалитетот на сервис, со што се осигурува дека во дадено мрежно поставување квалитетот на сервис може однапред да се гарантира. Овие механизми овозможуваат дефинирање на најразлични приоритети како гарантирана ширина на опсег, контролирано меѓусебно и вкупно каснење на пакетите за различни апликации, корисници или пак податочни потоци.

Како што е изложено претходно, квалитетот на сервис го сочинуваат параметри класифицирани како Мрежен Квалитет на Сервис во кој спаѓаат варијацијата во каснење на пакетите (jitter), вкупно каснење (delay), загуба на пакети (packet loss) и слични, како и Апликативен Квалитет на Сервис во кој спаѓаат видео-квалитет, аудио-квалитет, каснење на звукот во однос на сликата и сл.

Варијацијата во каснење на мрежните пакети ја дава разликата во времето на пристигнување помеѓу пакетите. За отстранување на оваа варијација е потребно собирање и задржување на пакетите за да се обезбеди најбавните пакети да пристигнат на време зада бидат пратени во коректната секвенца, што пак предизвикува дополнително доцнење.

Вкупното каснење го претставува целокупното време потребно за пакетот да пристигне до примачот, односно “латентното” време додека испраќачот на пакет чека на конфирмација дека испратениот пакет е примен. Латентноста предизвикува некои пакети да бидат загубени. Ако пакетот не стигне на време кај примачот, тогаш тој се отфрла. Латентноста не предизвикува искривување на сигналот, но доколку се работи за звучна конверзација на пример, доцнењето може да биде многу непријатно при комуникацијата на корисниците. Обата корисника можат да зборуваат истовремено

или пак да се прекинуваат еден со друг, со што квалитетот на конверзацијата значајно опаѓа.

Загуба на пакети претставува мерка за пристигнатите пакети споредено со вкупниот број на испратени пакети, и вообичаено се изразува во проценти. Звучните пакети се временски-осетливи за разлика од податочните пакети. Затоа ретрансмисијата на загубените пакети не е решение на проблемот за апликациите кои пренесуваат звук преку мрежа (VoIP).

Некои поранешни студии за корелацијата помеѓу квалитетот на сервис и квалитетот на искуство покажале дека параметрите од мрежниот квалитет на сервис имаат поголемо вијание врз перцепираниот квалитет на искуство отколку апликативните параметри (Khan, Sun & Ifeachor, 2008; Siller & Woods, 2003). Затоа во нашето понатамошно истражување ќе се фокусираме на параметрите од мрежниот квалитет на сервис, како објективни фактори кои влијаат врз квалитетот на искуство.

Препораките дадени како водич при обезбедувањето на квалитет на сервис за интерактивно и проточно видео (Hatting, 2005) се сумирани во Табела 2:

Табела 2: Обезбедување на квалитет на сервис за интерактивно и проточно видео

	Интерактивно видео	Проточно видео
Загуба на пакети (Packet loss)	<1%	<5%
Вкупно каснење (Latency - one way)	<150ms	< 4 до 5 сек.
Варијација во каснење (Jitter)	<30ms	Нема значајни барања
Опсег (Bandwidth)	Обезбедување на минимален гарантиран опсег на големината на видеоконференциската врска + 20%	Во зависност од енкодираниот формат и честота на видео протокот

Според студијата на Calyam et al. (2007), вредностите на параметрите од мрежниот квалитет на сервис се пресликуваат во MOS вредности како што е дадено во Табела 3:

Табела 3: Пресликување на параметрите од мрежниот квалитет на сервис во MOS вредности за видеоконференција (VC) и видео проток (VS)

	Видеоконференција (VC)			Видео проток (VS)		
	Добар	Прифатлив	Лош	Добар	Прифатлив	Лош
MOS	4-5	3-4	<3	4-5	3-4	<3
Вкупно каснење (Latency)	0-150ms	150-300ms	>300ms	0-3s	3-5s	>5s
Загуба на пакети (Packet loss)	0-0.5%	0.5-1.5%	>1.5%	0-3%	3-5%	>5%
Варијација	0-20ms	20-50ms	>50ms	0-1s	1-4s	>4s

во каснење (Jitter)						
------------------------	--	--	--	--	--	--

4.3 MOS метод

Средната Оценка на Мислењето (MOS) претставува тест кој одамна сее користи во телефонските мрежи за да се добие мислењето на корисниците за мрежата. Историски, MOS е развиен како субјективна мерка при што корисниците биле сместувани во “тивка соба” во која го оценувале квалитетот на разговорот со вредности од 1 до 5 според нивната субјективна перцепција. При тоа 1 означува најниска а 5 највисока оценка за перцепираниот квалитет. Вредноста за MOS се генерира како средна вредност од сите оценки на одреден број на учесници кои го оценуваат квалитетот на слушнатиот звук низ медиумот кој се тестира со помош на множество на стандардни субјективни тестови. Шемата за оценување е дадена во Табела 4:

Табела 4: Средна Оценка на Мислењето (MOS)

MOS	Квалитет	Пречки
5	Одличен	Невпечатливи
4	Добар	Впечатливи но не вознемирувачки
3	Задоволителен	Малку вознемирувачки
2	Слаб	Вознемирувачки
1	Многу слаб	Многу вознемирувачки

Со појавата на технологијата “звук преку IP” (Voice over IP -VoIP) мерењето се објективизира со помош на калкулации базирани на перформансите на мрежата низ која се пренесува звукот. Овие калкулации се дефинирани во *ITU-T PESQ P.862* стандардот, но нивната имплементација може да зависи од интерпретацијата на стандардот од страна на самиот производител на опремата или софтверот. Уште повеќе, развојот на технологијата овозможи одредена калкулирана вредност за MOS во VoIP мрежа да дава подобар квалитет отколку повисока MOS вредност добиена преку субјективното оценување.

Во мултимедијалните сервиси (аудио, телефонија, видео и сл.) се користат кодекси (codecs) со помош на кои се компресира/декомпресира содржината за да се приспособи на одреден опсег, при што MOS вредноста претставува нумеричка оценка за перцепираниот квалитет на примената содржина после компресијата и трансмисијата. Кодексите се користат во звучните комуникации и тие можат да се конфигурираат за да го запазат дадениот опсег, но тоа може да значи компромис помеѓу квалитетот на звук и запазувањето на опсегот. Најдобрите кодекси обезбедуваат најголемо запазување на опсегот со најмала деградација на квалитетот на звукот. Опсегот може да се измери квантитативно, но за квалитетот на звук е потребна човечка интерпретација. За заобиколување на човечкиот фактор се развиваат автоматски тест системи кои вршат проценка на квалитетот на звукот. Слично може да се постапи и при евалуација на субјективната оценка за квалитетот на видео содржини.

4.4 QoE наспроти QoS

Во студијата на Goodchild (2005) се објаснети основните разлики помеѓу квалитет на сервис и квалитет на искуство. Основната разлика е во тоа што квалитетот на искуство се гледа од корисничката перспектива, а квалитетот на сервис од мрежната перспектива. Дефинициите од различни автори покажуваат дека квалитетот на искуство е на повисоко апстрактно ниво, кое уште може да се гледа и како перцептуално псевдо-ниво (Siller et al., 2003). Според Bauer et al. (2004), ова псевдо-ниво се однесува на искуството на крајниот корисник и затоа може да се разгледува како екстензија на апликативното ниво дефинирано во OSI моделот (Open Systems Interconnection Reference Model). Уште повеќе квалитетот на искуство може да се опише како екстензија на традиционалниот квалитет на сервис во смисла дека квалитетот на искуство обезбедува информации кои се однесуваат на доставениот сервис од гледна точка на крајниот корисник (Lopez et al., 2006).

Квалитетот на искуство има сериозни импликации за дизајнерите на мултимедијалните системи и сервиси. Вообичаено дизајнерите ги користат параметрите од квалитетот на сервис како репрезентација на параметрите на нивниот производ. Се поставува прашањето дали квалитетот на сервис може да се прошири до квалитет на искуство и кои фактори треба да ги земат во предвид дизајнерите при развојот на мерила за квалитет на искуство. Ова прашање не е тривијално бидејќи како што веќе претходно е нагласено, искуството е субјективно. Според Jain (2004), културното наследство, социоекономскиот статус и личните искуства моделираат како една личност реагира на одреден веб интерфејс. Понекогаш промената на сосема мали детали, како на пример бојата на интерфејсот, може да предизвика различен ефект кај крајните корисници. Искуството е исто така зависно и од контекстот. Тоа значи дека една иста личност може да има различно искуство со одредена содржина во зависност од неговото разбирање на ситуацијата или претходното искуство. Заради тоа идентификацијата на факторите кои го одредуваат контекстот кој влијае на искуството на личноста не е тривијална задача.

4.5 Слоевит пристап за обезбедување на квалитет на искуство

Во седумслојниот OSI модел квалитетот на сервис се третира на мрежното и апликативното ниво (Gallo & Siller, 2007). Во апликативното ниво се вклучени сервисите кои ги обезбедува апликацијата за да го постигне бараниот квалитет на сервис, додека пак сервисите од мрежното ниво се обезбедуваат од страна на мрежните уреди (упатувачи, пренасочувачи и сл.). Некои автори предлагаат уште едно перцептивно псевдо-ниво над овие две нивоа кое ќе се однесува на квалитетот на искуство на крајните корисници (Gallo & Siller, 2007). Ова псевдо-ниво може да се разгледува како екстензија на апликативното ниво (Bauer & Patrick, 2004). Според други автори квалитетот на искуство се третира како екстензија на квалитетот на сервис бидејќи истиот обезбедува информации кои се однесуваат на испорачаните сервиси од гледна точка на крајниот корисник (Lopez et al., 2006). Квалитетот на сервис на апликативното ниво се сведува на перцепцијата од корисникот. Квалитетот на сервис на мрежно ниво се класифицира во два основни типови: приоритизирање и резервација на ресурси. Најразлични механизми и решенија можат да се користат за обезбедување на квалитет на сервис на мрежното ниво какви што се Диференцирани сервис (DiffServ) (Blake et al. 1998), Интегрирани сервиси (Braden, Clark & Shenker,

1994) како и т.н. Multi-Protocol Label Switching (MPLS) (Rosen, Viswanathan & Callon, 2001).

Класификација на постојните пристапи за мерење на квалитетот на мрежниот сервис од гледна точка на корисникот е направена во студијата на Brooks & Hestnes (2010), во која се дадени три категории и тоа:

- тестирање на Квалитетот на Сервис од страна на корисникот (TUQ)
- анкетирање на субјективното Квалитет на Искуство (SSQ)
- моделирање на квалитет на медиумот (MMQ)

Првите два пристапи ги собираат субјективните податоци од корисниците, додека третиот се базира на објективни технички мерења. Оваа класификација е дадена на слика 3.

Слика 3: Пристапи за мерење на квалитетот на мрежен сервис од перспектива на крајниот корисник



4.6 Мешани методи и употреба на вештачка интелигенција за оценување на Квалитет на Искуство

Во студијата на Alreshoodi & Woods (2013) е даден преглед на методите и техниките од вештачка интелигенција кои се користени во досегашните истражувања на квалитетот на искуство.

Во студијата на Menkovski et al. (2009) се користат техниките за машинско учење (Quinlan, 1986; Smola & Schölkopf, 2004) како Дрва на Одлучување (Decision Trees - DT) и Support Vector Machines (SVM). Моделите развиени со овие техники покажуваат над 90% точност проценето со крос валидациони техники (Kohavi, 1995). Резултатите покажуваат дека моделот развиен со помош на дрва за одлучување е валидидран на три различни терминали со точност 93.55% за мобилни телефони, 90.29% за персонални податочни уреди и 95.46% за преносни компјутери. Исто така резултатите покажале дека обете техники покажуваат подобри резултати од моделот развиен со помош на техниката Дискриминативна Анализа (Discriminate Analysis) кој е користен во

студијата на Agboma & Liotta (2008). Студијата на Machado et al. (2011) покажува дека грешката при користење на овие методи се движи во опсегот 10-20%. Студијата на Mushtaq et al. (2012) истотака ги користи техниките на DT и SVM за да конструира модел за објективно оценување на квалитетот на искуство при што истиот го споредува со други техники на машинско учење како Бајесова техника (Naive Bayes), k-Најблиски соседи (k-Nearest Neighbours), Случајна Шума (Random Forest) и Невронски Мрежи (Neural Networks). Според резултатите на оваа студија техниката Random Forest покажува за нијанса подобри резултати од останатите техники. Техниката на повеќеслојни вештачки неврронски мрежи (Multilayer Artificial Neural Network) е искористена за оценување на квалитетот на искуство во предложениот модел кој прави релација помеѓу метриката на квалитетот на искуство и квалитетот на сервис во WiMAX мрежна околина. Параметрите од квалитетот на сервис се дадени како влезни во моделот а на излезното ниво се параметрите MOS, PSNR, SSIM и VQM. За тренирање/тестирање/валидација на моделот е користена база од видео записи поделена во три групи: 70% за тренирање, 15% за тестирање и 15% за валидација на добиениот модел. По тренирањето на моделот е воспоставена релацијата помеѓу влезните и излезните параметри. Резултатите покажале точноста на предвидување на моделот дава задоволителни резултати. Сепак за посигурни резултати е потребно да се обезбеди поголема база со записи за тренирање на моделот. Исто така е важно дека моделот не зависи од интеракција со човечки фактор, што значи дека не му е потребно долго време за извршување. Техниката на неврронски мрежи се користи и во други студии чија што цел е да се да се одберат и прилаодат влезните параметри така што да може да се добие најдобар излезен параметар кој ќе го одразува задоволството на корисниците (Du et al., 2009; Frank & Incera, 2006; Calyam, 2012). Успешноста на моделите кои користат неврронски мрежи зависи од нивната способност од да ја научат нелинеарната релација помеѓу квалитетот на сервис и квалитетот на искуство од вредностите на влезните и излезните параметри во системот.

Техниката Адаптивни Неуро-Фази Системи за Изведување Заклучоци (Adaptive Neural Fuzzy Inference System) или скратено ANFIS претставува комбинација на техниките за изведување на заклучоци со фази логика и неврронски мрежи (Jang, 1993). Оваа техника е користена во студијата на Khan et al. (2010) за предвидување на видео квалитетот изразувајќи го во MOS вредности. Во студијата се истражува влијанието на квалитетот на сервис врз видео квалитетот на H.264 енкодирано видео низ UMTS мрежи. За влез во моделот се користени параметрите од мрежниот и апликативниот квалитет на сервис, при што резултатите даваат задоволителна точност на предвидување од околу 86%. Авторите сметаат дека правилниот избор на влезните параметри е најзначаен за тренирање на системот и добивање на задоволителни резултати.

Во студијата на Vasileva-Stojanovska & Trajkovik, (2014) е предложен теоретски ANFIS модел за предвидување на квалитетот на искуство во кој влезните параметри се од објективна природа (мрежен квалитет на сервис) и од субјективна природа (карактеристики на личноста, стил на учење) а квалитетот на искуство е излезен параметар од системот. Точноста на предвидување на предложениот модел е околу 82% што е компарабилно со претходните студии за оценка на квалитет на искуство.

4.7 Фактори кои влијаат на квалитетот на искуство

Студијата на Alreshoodi & Woods (2013) исто така ги систематизира и пристапите во класификација на факторите кои влијаат врз квалитетот на искуство. Една класификација е дадена од Qualinet групата според која овие фактори се поделени во три групи:

- човечки фактори (пол, возраст, степен на едукација и т.н.)
- системски фактори (опсег, сигурност, резолуција и т.н.)
- контекстуални фактори (локација, движење, цена и т.н.)

Слично и во студијата на Skorin-Karov & Varela (2012), факторите се категоризирани како Апликативни, Ресурсни, Контекстуални и Човечки.

Во обата модели се опфатени факторите кои влијаат на пречките во мрежната околина. Во сите IP мрежи се појавуваат пречки од мрежното ниво на квалитет на сервис кои потекнуваат од самата техника на трансмисија на IP пакетите (загуба на пакети, вкупно каснење на пакети, варијација во каснење и т.н.) кои можат значајно да вијаат на квалитетот на видео/аудио содржината. Покрај овие фактори се истражувани и ширината на опсег (bandwidth), период на оптовареност (congestion period), како и време на одговор (response time) и време на превземање (download time) (Fiedler, Hossfeld & Tran-Gia, 2010; Kim & Choi, 2010; Du et al. 2009).

Освен овие фактори постојат и помалку истражувани фактори кои сепак влијаат на квалитетот на искуство како нагло губење (burst of loss) и приоритизирање на видео пакетите во зависност од нивниот тип.

Од апликативното ниво на квалитет на сервис се присутни факторите брзина на битови (bitrate) и брзина на рамки (frame rate). Еден од најзначајните фактори од апликативното ниво е “типот на видео содржина” кој се покажал како многу значаен врз воочениот квалитет на искуство. Понатаму видео кодирањето како фактор е истражувано претежно со MPEG2, MPEG3, MPEG4, H.263 and H264 кодекси. Покрај овие фактори постојат и помалку истражувани фактори кои влијаат врз квалитетот на искуство како: приватност, интеракцијата помеѓу видео и аудио содржината, корисничкиот интерфејс, цената, какои користената опрема.

ГЛАВА 5

Неуро-Фази и Меки модели за идентификација на системи и изведување заклучоци

Меко моделирање на системи (Soft computing) претставува релативно нов концепт за конструкција на интелегентни системи, кој произлегува од потребата за решавање на комплексните проблеми од реалниот живот со помош на интелегентни системи кои комбинираат знаење, техники и методологии од различни извори. Овие системи се способни да процесираат човечки изразена експертиза во одреден домен, да се адаптираат и да учат во околина кои се менуваат, и да објаснат како донесуваат одлуки или пак преземаат одредени акции (Jang & Sun, 1996). При решавањето на проблеми од реалниот свет во некои случаи е погодно да се користат комбинации на различни техники наместо поединечни, при што добиениот систем на овој начин претставува еден сеопфатен хибриден интелегентен систем. Типичен пример за ваков хибриден дизајн на интелегентни системи е т.н. Неуро-Фази Моделирање (Neuro-Fuzzy Computing) кое го користи техниките на невронски мрежи чија способност е да препознаваат обрасци и да се адаптираат преку учење во околина кои се менуваат, и фази системите за изведување на заклучоци кои се способни за интерпретација на човечкото знаење во форма на правила за изведување на заклучоци и донесување одлуки. Интеграцијата на овие две комплементарни техники, со соодветно користење на техники за оптимизација како Генетските алгоритми (Genetic algorithms), резултира во дисциплината наречена Неуро-Фази и Меко моделирање.

Според дефиницијата на Zadeh (1992), “меко моделирање претставува нов пристап кон моделирањето на системи кој ја интегрира неверојатната способност на човековиот ум да резонира и учи во околина која е карактеристична со несигурност и непрецизност”. Овој синергизам на техники овозможува ефективно користење на човековото знаење при мекото моделирање, оперирање со непрецизност и несигурност, како и подобрување на перформансите на системот преку учење и адаптирање во околина која се менува.

Вештачката интелегенција (Artificial intelligence) како конвенционален пристап во обидот да се имитира човечкото однесување во машинското програмирање, се базира на правила во кои се користат симболи кои го изразуваат човечкиот јазик. Со овој конвенционален пристап практично човековото однесување се репрезентира преку манипулација со симболи структурирани во соодветни бази на знаење. Овој пристап е погоден за моделирање на човечката експертиза во одредени потесни области за кои може да се обезбеди експлицитно знаење, какви што се експертските системи (Expert systems). Овој пристап на манипулација со симболи на некој начин ги лимитира областите на примена на вештачката интелегенција бидејќи самото обезбедување на знаење и негова репрезентација не е воопшто тривијална работа. Затоа целта на истражувачите во вештачката интелегенција е креирање и разбирање на т.н. машинска интелегенција (machine intelligence). Во тој поглед мекото моделирање ги има истите цели како и конвенционалната вештачка интелегенција, односно се стреми кон моделирање на системи кои се способни да ја перципираат околината и врз база на таа перцепција соодветно да реагираат.

Според Jang & Sun, (1996) основните карактеристики на мекото моделирање се:

- човечка експертиза, која се користи во форма на фази правила за решавање на практични проблеми.
- модели инспирирани од биолошките системи, како невронски мрежи кои манипулираат со концептите на перцепција, препознавање на обрасци, нелинеарна регресија и проблеми на класификација.
- техники на оптимизација, во кои спаѓаат пред сè генетските алгоритми кои се инспирирани од еволуцијата и процесите на селекција, случајно пребарување и сл. Овие техники на оптимизација не се базираат на објективни функции и затоа се флексибилни при решавањето на комплексни проблеми на оптимизација.
- нумеричко процесирање; за разлика од вештачката интелигенција која се базира на процесирање на симболи, меките техники најчесто користат нумерички процесирања.
- нови домени на апликација на меките техники; имајќи ја во предвид способноста за нумеричко процесирање, меките техники можат да се употребат во поширока палета на области како адаптивно процесирање на сигнали, адаптивна контрола, идентификација на нелинеарни системи, нелинеарна регресија, препознавање на обрасци и сл.
- учење без присутен модел, односно користење на невронски мрежи и адаптивни фази системи кои се способни да го конструираат моделот врз база на влезно излезните податоци кои се на располагање за да се воспостави иницијалната структура на дизајнираниот модел.
- интензивна обработка на податоци; при отсуство на солидно знаење за проблемот кој се решава, неуро-фази и меките техники се базираат на интензивна обработка на податоци за да ги откријат правилата и регуларностите во влезно излезните податоци.
- толеранција на грешка; имено бришење на неврон или пак одредено правило во фази системот, не значи и автоматска деконструкција на самиот систем. Напротив системот може да продолжи со работа имајќи ја во предвид неговата паралелна и редувантна архитектура, иако неговите перформанси можат да опаднат.
- карактеристики ориентирани према целта; Системите конструирани со неуро-фази и меки техники се ориентирани кон целта во смисла дека начинот на кој се доаѓа од тековната состојба до конечното решение не е важен се додека се движиме кон посакуваната цел. Ова е посебно корисно во техниките за оптимизација кои се базираат на генетските алгоритми. Користењето на знаење од специфичниот домен на проблемот може да биде корисно за да се убрза времето на пребарување и пресметки, но не е неопходно.
- примена во реалниот свет; Најголемиот дел од проблемите во реалниот свет во себе содржат инхерентна несигурност. Заради тоа често пати е невозможно користењето на конвенционални методи за опишување на проблемот. Меките техники претставуваат интегриран пристап кој кој користи специфични техники за секој сегмент од проблемот за да обезбеди генерално задоволително решение на проблемот од реалниот живот.

Изучувањето на меките техники рапидно се развива со истражување на нови техники и апликации од најразлични дисциплини, со цел да се направи напор за конструкција на

високо автоматизирани интелегентни машини кои можат да обезбедат решавање на значајни проблеми од реалниот живот.

5.1 Техники за идентификација на системи

Проблемот на определување на математички модел за непознат систем (кој се нарекува и целен систем) преку обсервација на неговите парови од влезно-излезни податоци се нарекува “идентификација на систем”. Овие системи се користат за повеќе цели и тоа:

- да се предвиди однесувањето на системот како на пример при предвидување на временски серии или пак прогнози
- да се објасни интеракцијата и релациите помеѓу влезните и излезните параметри во системот.
- да се дизајнира контролер врз база на моделот на системот, или пак да се направи компјутерска симулација на системот кој треба да се контролира

Идентификацијата на системот во принцип се состои од два чекори и тоа:

- идентификација на структурата; Во овој чекор потребно е да се примени *a priori* знаење за целниот систем за да се определи класа на модели од кои треба да се избере најпогодниот за конкретниот случај. Оваа класа на модели се опишува со параметризирана функција $y = f(u; \theta)$, каде што y е излезната променлива од моделот, u е влезниот вектор на променливи, и θ е векторот од параметри. Определувањето на функцијата f зависи од типот на проблемот и истата се бира врз основа на искуството и интуицијата на дизајнерот на системот, како и на законитостите кои владеат во целниот систем.
- идентификација на параметрите на системот; Во овој чекор структурата на моделот е позната и потребно е само да се изврши оптимизација за да се определи векторот на параметри $\theta = \hat{\theta}$ така што добиениот модел $\hat{y} = f(u; \hat{\theta})$ ќе може соодветно да го опише целниот систем.

Доколку однапред не располагаме со знаење за целниот систем, тогаш идентификацијата на структурата на системот претставува потежок проблем кој се решава преку методот на проба и грешка. Меѓутоа за голем дел на инженерски системи и индустриски процеси веќе постои структурирано знаење, кое што може да се искористи така што целниот систем може да се опише преку одредена класа на модели или параметризирани функции. Тоа значи дека проблемот на идентификација на систем најчесто се сведува на проблем на идентификација на параметри.

Во најопшт случај проблемот на идентификација на системи најчесто претставува итеративен процес кој што во секој чекор поточно ја определува структурата и параметрите на системот додека не се добие задоволителен модел. Овој итеративен процес ги вклучува следниве чекори:

1. спецификација на класата и параметрите на математичките модели со кои се претставува системот кој треба да се идентификува

2. идентификација на параметрите за да се изберат оние кои најдобро го опишуваат множеството на влезно излезни податоци врз база на кои се моделира односно тренира системот
3. спроведување на тестови за валидација за да се провери дали идентификуваниот модел дава задоволителни резултати со податоци со кои не е трениран
4. прекинување на итеративниот процес доколку се добивајат задоволителни тестови навалидација, или пак селекција на нова класа на математички модели и повторување на чекорите 2 -4.

Најчесто користени методи за идентификација на системи кои се опишуваат со линеарни модели се т.н. “методи на најмал квадрат” (least-square method). Овие техники имаат многу значајна улога во литературата која ја опишува адаптивната контрола на процеси, адаптивно процесирање на сигнали, регресија и статистичките модели. Оваа техника исто така игра клучна улога во идентификацијата на системи преку користење на техниките на неуро-фази изведување на заклучоци.

5.2 Фази логика и фази системи за изведување заклучоци

Фази логиката претставува теорија предложена од Lotfi Zadeh чија основна цел е да го прошири концептот на “вистинитост” од двовалентната Булова логика која оперира само со две вредности “точно” и “неточно” (или 1 и 0), со вредности помеѓу овие два екстрими (Zadeh, 1975). Имено исказите од реалниот живот не мора секогаш да бидат квалификувани како точни или неточни туку можат да бидат и парцијално точни (неточни), и затоа фази логиката оперира со вистинитосни вредности од интервалот [0, 1].

Фази множествата претставуваат проширување на теоријата на множества. Во класичната теорија на множества елементот е или член на множеството или не е член, што се изразува преку функцијата:

$$f_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

За разлика од класичната теорија на множества во теоријата на фази множества за секој елемент x се определува функција на припадност $\mu_A(x)$ која го определува степенот на припадност на елементот x во множеството A , при што функцијата $\mu_A(x)$ зема вредности од интервалот [0, 1]. Фази множествата претставуваат лингвистички изрази кои ги претставуваат концептите од реалниот живот како “висок”, “низок”, “убав”, “топло”, “брзо”, и т.н., Припадноста во тие множества се карактеризира преку функцијата $\mu_A(x)$, при што вредноста 1 означува целосна припадност на множеството, 0 означува целосна не-припадност, а вредностите помеѓу 0 и 1 претставуваат делумна припадност во фази множеството.

Постојат различни типови на функции на припадност кои се користат во моделирањето на фази логичките системи, при што едни од најчесто користените се Гаусовата функција:

$$\mu_G(x; \sigma, c) = e^{-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

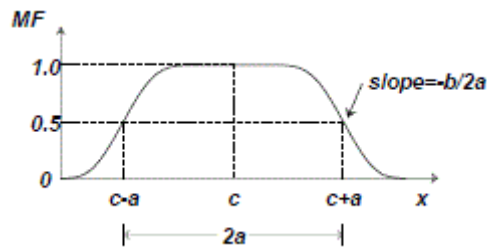
каде што c го претставува центарот, а σ ширината на Гаусовата крива.

Другата најчесто користена функција на припадност е Беловата функција:

$$\mu(x) = \text{bell}(x; a, b, c) = 1 / \left(1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b} \right) \quad (2)$$

каде што параметарот c го дефинира центарот на функцијата, a ја дефинира ширината, а b го дефинира наклонот во точките на прекршување на кривата. Графичката репрезентација на Беловата функција е дадена на слика 4:

Слика 4: Белова функција на припадност



Фази системите за иведување заклучоци се базираат на концептите од теоријата на фази множества, фази правила формулирани со примена на операции со фази множества, и фази резонирање. Типично фази логичко правило со два влеза и еден излез е формулирано како:

$$\text{Ако } x \text{ е } A \text{ И } y \text{ е } B \text{ тогаш } z \text{ е } C, \quad (3)$$

каде што A, B и C се лингвистички вредности дефинирани преку фази множества кои припаѓаат на универзалните множества X, Y и Z соодветно. При тоа левиот дел од правилото “ x е A И y е B ” се нарекува премиса, а десниот дел “ z е C ” се нарекува последица. Изразот (3) се нарекува Мамдани правило за изведување на фази заклучоци (Nakanishi, Turksen & Sugeno, 1993) и е едно од најчесто користените во фази експертските системи. Мамдани правилата имаат фази можество на излез. Како проширување на Мамдани правилата се правилата во кои последицата има форма на линеарна функција. Тие правила се нарекуваат Сугено правила за изведување заклучоци. Типично Сугено правило во модел со две варијабли го има следниов облик:

$$\text{Ако } x \text{ е } A \text{ И } y \text{ е } B \text{ тогаш } z = f(x, y) \quad (4)$$

каде што A и B се фази множества а z е функција над множеството реални броеви. Функцијата $f(x, y)$ најчесто е полиномна од прв ред со облик $z = px + qy + r$, при што параметрите p, q и r се иницијализираат на почеток а потоа се приспособуваат преку техники на учење, но истата може да биде било која функција која соодветно го опишува излезот од моделот во рамките на фази регионот специфициран со премисата на правилото. Кога функцијата $f(x, y)$ е полиномна од прв ред, тогаш фази системот за изведување се нарекува “Сугено фази модел од прв ред”. Додека пак кога функцијата $f(x, y)$ е константа, тогаш моделот се нарекува “Сугено фази модел од нулти ред” и може да се разгледува како специјален случај на Мамдани систем за изведување заклучоци.

Генерално фази системите за изведување заклучоци се состојат од пет главни компоненти или функционални блокови и тоа:

- база од фази правила за изведување заклучоци. Оваа компонента претставува една од најбитните компоненти на фази системите, овозможувајќи пресликување на влезните и излезните вредности преку воспоставените правила.
- база со функции на припадност кои ја дефинираат припадноста во фази множествата кои се користат во фази правилата.
- компонента за изведување заклучоци преку која се дефинираат пресликувањата на влезните фази множества во излезните. Овде се определува степенот до кој премисата е задоволена за секое правило.
- интерфејс за фазација и дефазација преку кој се пресликуваат влезните вредности преку соодетни фази функции на припадност, и фази излезни вредности во целобројни вредности.

Графичка репрезентација на фази системите за изведување заклучоци е прикажана на слика 5:

Слика 5: Фази систем за изведување заклучоци



Во најопшти црти, дизајнот на фази систем за изведување заклучоци се базира на претходно знаење за однесувањето на некој целен систем (target system). Дизајнираниот систем за изведување заклучоци се очекува да го репродуцира однесувањето на целниот систем. На пример ако целниот систем е медицински лекар, тогаш дизајнираниот систем е фази експертски систем кој дава медицински дијагнози. Стандардниот метод за конструкција на фази системи за изведување на заклучоци, кој вообичаено се нарекува фази моделирање, го содржи следниве карактеристики:

- структурата на фази правила на системот е таква што овозможува лесно вградување на човековото експертско знаење за моделираниот систем директно во процесот на моделирање. Поточно кажано, фази моделирањето овозможува вградување на доменското знаење кое со други техники на моделирање може да не е воопшто едноставно.

- во оние случаи кога постојат влезно/излезни податоци, можно е да се применат конвенционални техники за идентификација на системи при самото моделирање. Тоа значи дека кога имаме на располагање нумерички податоци, истите можат да се користат при фази моделирање на ист начин како што се користат и во останатите методи на математичко моделирање.

Како концепт, фази моделирањето може да се изврши во две фази и тоа идентификација на структурата на системот во првата фаза, во која се вклучени следните задачи:

1. селектирање на релевантните влезни и излезни променливи
2. избор на соодветен тип на фази систем за изведување заклучоци
3. определување на лингвистичките термин асоцирани со секоја влезна и излезна променлива
4. дизајн на множеството од фази правила

За остварување на претходниве задачи се користи само знаење кое го поседуваат човечките експерти за целниот систем, или пак знаење кое е општо познато, или пак проба и грешка метод.

По првата фаза на фази моделирање, се добива база на фази правила која до одреден степен го опишува однесувањето на целниот систем преку лингвистички термини. Во следната фаза од моделирањето на системот се определува подлабоката структура на системот преку определување на функциите на припадност на секој лингвистички термин асоциран со влезните и излезните променливи, како и коефициентите од полиномните функции во последичниот дел од секое правило доколку се работи за Сугено фази правила. Поточно кажано, идентификацијата на подлабоката структура на системот се определува преку следниве задачи:

1. избор на соодветна фамилија на параметризирани функции на припадност
2. консултација на човечки експерти кои ја познаваат структурата на целниот систем за да се определат параметрите на функциите на припадност кои се користат во базата од фази правила
3. подесување на параметрите на функциите на припадност преку користење на техники на регресија и оптимизација

Првите две задачи од втората фаза подразбираат дека имаме на располагање знаење од човечки експерти, додека третата задача претпоставува дека имаме на располагање множество на влезно излезни податоци.

5.3 Невронски мрежи

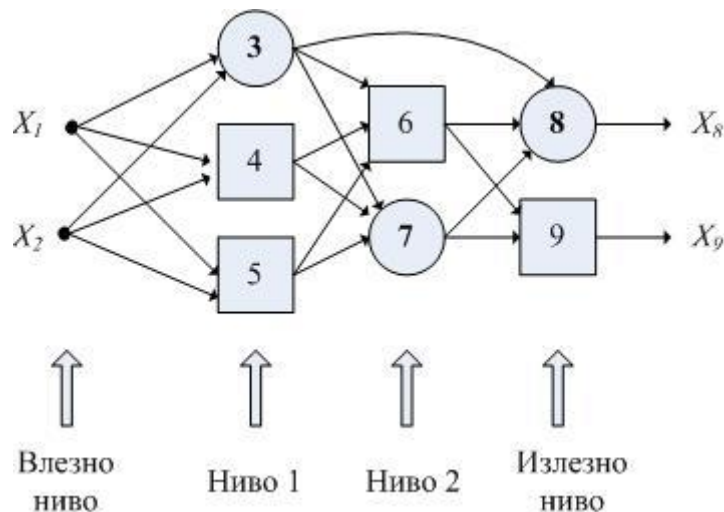
Невронските мрежи се развиваат како неалгоритамски пристап во процесирањето на информации инспирирани од биолошките нервни системи. Тие се обидуваат да го моделираат однесувањето на мозокот како непрекинат нелинеарен динамички систем кој ги имитира механизмите на мозокот и на тој начин симулира интелегентно однесување. Човековиот мозок може да се апстрахира како еден огромен паралелен компјутер кој е способен со рапидна брзина да процесира некомплетни информации добиени преку перцепцијата на сетилата. Неврните клетки процесираат околу 10^6 пати

повавно од електронските кола, но сепак мозокот процесира визуелни и аудио информации многу побрзо од модерните компјутери.

Адаптивните невронски мрежи претставуваат мрежна структура од јазли кои се поврзани преку насочени линкови. Секој јазол претставува процесирачка единица а линковите ја претставуваат каузалната релација помеѓу поврзаните јазли. Адаптивноста на јазлите кај овие мрежи значи дека излезот од нив зависи од параметрите кои припаѓаат на секој од нив и кои можат да се менуваат. Промената на параметрите зависи од правилата за учење кои специфицираат како да се променат параметрите а при тоа да се минимизира однапред зададената грешка, која што претставува математички израз кој ја мери разликата помеѓу излезот кој го продуцира мрежата и посакуваниот излез. Тоа значи дека адаптивните невронски мрежи можат да се користат како техники за идентификација на системи чија што задача е да се најде соодветна мрежна архитектура и множество на параметри кои најдобро ќе го моделираат непознатиот целен систем кој е опишан само со множество од влезно излезни податоци.

Архитектурата на адаптивна невронска мрежа претставува мрежна структура чие што однесување на влезно излезните сигнали се определува со множество на променливи параметри, како што е прикажано на слика 6. Конфигурацијата на адаптивна мрежа се состои од множество на јазли поврзани со директни линкови, каде што секој јазол извршува одредена статичка функција врз неговите влезни сигнали од која произлегува единствен излез од тој јазол. Линковите ја специфицираат насоката на сигналот од еден кон друг јазол. Функцијата која ја извршува секој јазол претставува параметризирана функција со променливи параметри при што со промена на параметрите се менува и самата функција како и целокупното однесување на адаптивната мрежа.

Слика 6: Архитектура на адаптивна невронска мрежа



Адаптивните мрежи во најопшт случај се класифицират во две категории и тоа “напред движечки” (feedforward) и “рекурентни” (recurrent). Кај напред движечката мрежа излезот од секој јазол се движи нанапред од влезното кон излезното ниво. Таква е на пример мрежата прикажана на слика 5. Доколку пак постои повратна врска која формира циркуларен пат во мрежата, тогаш мрежата се нарекува рекурентна.

Параметрите кај адаптивната мрежа се дистрибуирани во нејзините јазли, така што секој јазол има сопствено множество на локални параметри а унијата на сите овие множества го дава целокупното множество на параметри на мрежата. Доколку множеството параметри за одреден јазол не е празно, тогаш неговата функција зависи од вредностите на секој параметар. Доколку пак множеството параметри за одреден јазол е празно тогаш неговата функција е фиксна.

Напред движечките адаптивни мрежи како концепт вршат пресликување на влезните сигнали во излезни, при што ова пресликување може да биде линеарно или пак нелинеарно во зависност од мрежната структура и функционалноста на секој јазол. При конструкција на мрежа чија цел е да се најде соодветно пресликување базирано на множество од влезно излезни податоци од целниот систем кој се моделира, процедурата која се извршува за да се подесат параметрите за да ги подобрат перформансите на мрежата се нарекува “правила за учење” (learning rules) или пак “алгоритми за адаптација” (adaptation algorithms). Множеството на влезно излезни податоци се нарекува “множество податоци за тренирање на мрежата” (training dataset). Перформансите на мрежата најчесто се мерат со разликата помеѓу посакуваниот излез и актуелниот излез од мрежата при исти влезни услови. Оваа разлика се нарекува “мерка за грешка” (error measure). Во најопшт случај правилото за учење се добива со аплицирање на соодветна техника за оптимизација за намалување на грешката.

Еден од нај основните алгоритми за учење во адаптивните мрежи е т.н. алгоритам за “повратно приспособување” (backpropagation), кој во општи црти се сведува на метод за рекурзивно определување на градиент вектор во кој секој елемент е дефиниран како дериватив на грешката за одреден параметар. Процедурата се нарекува повратно приспособување бидејќи градиент векторот се пресметува во обратна насока од насоката на излезните сигнали од секој јазол. Откако ќе се пресмета градиент векторот, се користат различни техники за оптимизација и регресија кои се аплицираат за да се ажурираат параметрите на мрежата.

При претпоставка дека една адаптивна мрежа има L нивоа, и дека нивото l ($l=0, 1, \dots, L$) има $N(l)$ јазли, тогаш излезот и функцијата на i -тиот јазол во l -то ниво ($i=1, \dots, N(l)$), може да се претстават како $x_{l,i}$ и $f_{l,i}$ соодветно. Без губење на општоста може да се претпостави дека во мрежата не се присутни прескокнувачки линкови односно линкови кои поврзуваат непослодователни нивоа. Бидејќи излезот од одреден јазол зависи од влезните сигнали и прамаетрите на јазолот, тогаш излезот од јазолот може да се претстави како:

$$x_{l,i} = f_{l,i}(x_{i-1,1}, \dots, x_{i-1,N(l-1)}; \alpha, \beta, \gamma, \dots) \quad (5)$$

каде што $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ се параметрите на соодветниот јазол.

Ако претпоставиме дека множеството податоци за тренирање се состои од P податочни вектори, тогаш грешката за p -тиот податочен вектор ($1 \leq p \leq P$) може да се прикаже како сума на квадратни грешки:

$$E_p = \sum_{k=1}^{N(L)} (d_k - x_{L,k})^2 \quad (6)$$

каде што d_k ја претставува k -тата компонента на p -тиот посакуван излезен вектор, а $x_{L,k}$ ја претставува k -тата компонента на актуелниот излезен вектор добиен при влез на p -тиот влезен вектор во мрежата. Од равенката (6) се гледа сека кога E_p е нула, мрежата е способна да го произведе точно посакуваниот излез за p -тиот влезен тренинг вектор. Според тоа, задачата на адаптивната мрежа е да ја минимизира севкупната грешка на мрежата која се дефинира како:

$$E = \sum_{p=1}^P E_p \quad (7)$$

При тоа во процедурата за добивање на градиент векторот треба да се има во предвид каузалната врска во промената на параметрите на јазлите во мрежата и промената во севкупната грешка. Имено дури и мала промена во одреден параметар ќе предизвика промена во излезот од јазолот кој го содржи тој параметар, кој што пак понатаму ќе предизвика промена во излезната вредност во последното ниво а со тоа и промена во пресметаната грешка. Затоа основниот концепт при калкулација на градиент векторот е да се проследи одредена деривативна информација од излезното ниво па наназад низ нивоата се до влезното ниво. Таа информација се нарекува “сигнал за грешка” (error signal) и се претставува како дериватив на грешката E_p во однос на излезот од одреден јазл во одредено ниво.

5.4 Адаптивни Неуро-Фази системи

Основна карактеристика на фази системите за изведување на заклучоци е базата од фази правила изразени во лингвистички термини која се креира со помош на експертско знаење преку кое се опишуваат влезно излезните релации на проблемот кој се моделира. Меѓутоа имајќи ги во предвид ограничувањата на човечките експерти, фази системот конструиран на ваков начин може да не се однесува најсоодветно, бидејќи експертите можат и да погрешат при конструкцијата на фази множествата и фази правилата. Затоа често пати при моделирање на фази системите се врши дополнителен процес на подесување кој што во фазата на дизајнирање на системот врши модификација на функциите на припадност и фази правилата на системот. Меѓутоа и овој процес на подесување може да биде прилично долготраен и склон на грешки. Исто така, за многу процеси постои лимитирано експертско знаење или пак за некои воопшто не постои. Затоа при дефинирањето на фази правилата може да биде корисно да се употребат техники на автоматско учење кои се способни да изведат знаење од постоечките влезно излезни податоци за системот. Имено доколку компонентите на фази системот се прикажат во параметарска форма, фази системот за изведување заклучоци претставува параметризиран модел кој може да се подесува со помош на процедура за автоматско учење (Azar, 2010). Фази логиката и вештачките невронски мрежи претставуваат комплементарни технологии при дизајнот на интелегентните системи. Затоа нивната комбинација во интегриран систем кој ќе ги содржи предностите на секоја техника претставува значајен чекор во развојот на интелегентни системи кои се способни да ги доловат карактеристиките на човечкиот мозок. Имено невронските мрежи и фази логиката претставуваат техники за дизајнирање на интелегентни ситеми кои имаат свои предности и недостатоци. Фази системите за изведување заклучоци поседуваат силен механизам за репрезентација на знаењето за системите за кои постои на располагање експертско знаење. Но фази системите немаат способност за автоматско учење од постоечки податоци. Невронските мрежи од друга страна поседуваат силен механизам за учење од

множество на влезно излезни податоци, што е многу погодно кога експертското знаење е лимитирано или отсутно, но тие пак немаат способност за репрезентација на знаењето на начин кој е лесно разбирлив. Интегрираните неуро-фази системи ги поседуваат предностите на невронските мрежи (способност за учење, техники за оптимизација, поврзана структура, и т.н.) како и предностите на фази ситемите (лесна репрезентација на правила разбирливи за човекот во АКО-ТОГАШ форма, вградување на експертското знаење доколку е на располагање и т.н.).

Неуро-фази методите претставуваат начин на креирање на фази модел од постоечки податоци преку методи за учење кои се користат во невронските мрежи. На овој начин значајно се намалува времето и цената на развој на системот, а во исто време се зголемува точноста на добиениот модел. Способноста на неуро-фази системот да користи алгоритам за учење од невронска мрежа значи дека фази системот со лингвистички информации во својата база на знаење, може да се промени и адаптира користејќи нумерички информации ште му дава предност над обичните невронски мрежи кои не можат да користат лингвистички информации и во однос на стекнатото знаење се однесуваат како црни кутии односно немаат механизам за негова репрезентација. Затоа едни од најзначајните карактеристики на овие хибридни системи се репрезентацијата на знаењето и брзите прформанси.

Постојат неколку начини за комбинирање на невронските мрежи и фази системите, при што резултантните системи спаѓаат во некоја од следниве категории (Azar, 2010):

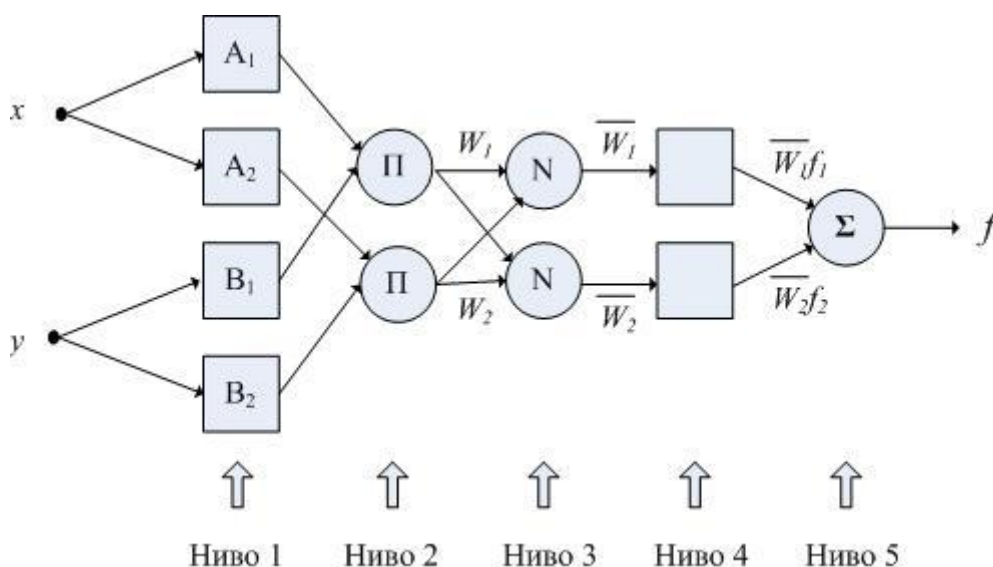
- невронски фази системи (neural fuzzy systems) кои користат невронски мрежи за да им овозможат автоматско подесување на фази системите, но притоа не ја менуваат нивната функционалност. На пример, невронските мрежи се користат за поставување на функциите на припадност и фази множествата во фази правилата. На таков начин со тренирање на невронската мрежа автоматски се подесуваат параметрите на фази системот и се наоѓаат нивните оптимални вредности.
- фази невронски системи (fuzzy neural systems) кои имаат за цел да “фазираат” (fuzzify) одредени елементи од невронската мрежа со користење на фази логика. На таков начин невроните во мрежата стануваат “фази неврони”. Овој тип на системи најчесто се користат за препознавање на обрасци (pattern recognition).
- хибридни неуро фази системи, во кои што обете техники се користат независно при што се инкорпорираат и надополнуваат вршејќи различни функции во системот со што се добива хибриден систем за решавање на заедничкиот проблем. Кај овие системи базата од фази правила се интерпретира како невронска мрежа. Фази множествата се интерпретираат како тежински фактори во мрежата, а пак фази правилата, влезните и излезните променливи се репрезентираат како неврони. Преку алгоритмот за учење се обезбедува промена на архитектурата на системот како и во невронските мрежи, односно адаптирање на тежинските фактори, креирање и бришење на врски. Ваквите промени може да се интерпретираат и како невронски мрежи и како фази контролери, што значи дека успешната примена на процедурата за учење резултира во експлицитно зголемување на знаењето кое може да се прикаже во базата на правила на фази контролерот. Постојат неколку начини на кои можат да бидат изведени хибридните неуро-фази контролери, како ARIC (Berenji, 1992), ANFIS (Jang, 1996), NNDFR (Takagi & Hayashi, 1991) и сл. Еден од

најпознатите хибридни неуро-фази системи е ANFIS кој ќе биде објаснет во продолжение.

5.5 Адаптивен Неуро-Фази Систем за Изведување Заклучоци (ANFIS)

Адаптивниот Неуро-Фази Систем за Изведување Заклучоци (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System - ANFIS), претставува еден од најуспешните хибридни неуро фази системи за изведување заклучоци, преку аплицирање на техники за учење на неврронска мрежа за да се идентификуваат и подесат параметрите и структурата на фази систем за изведување на заклучоци. Едни од најважните карактеристики на ANFIS кои го прават системот популарен за користење се: лесната имплементација, брзо и точно учење, способност за генерализирање, лесна репрезентација на знаењето во форма на фази правила, како и лесно вградување на нумеричко и лингвистичко знаење при решавање на проблеми. Според овој пристап фази системот се имплементира како неврронска мрежа така што идентификацијата на структурата и параметрите на базата од фази правила се добива со дефинирање, адаптирање и оптимизирање на топологијата и параметрите на соодветната неуро-фази мрежа и тоа само користејќи ги постоечките влезно излезни податоци. Овој систем може да се разгледува и како адаптивен фази систем кој поседува способност да ги научи фази правилата користејќи ги постоечките влезно излезни податоци, а исто така и како мрежна архитектура во која е обезбедена лингвистичка репрезентација на знаењето. Типична архитектура на ANFIS со две влезни и една излезна променлива е дадена на слика 7. Во оваа архитектура круговите означуваат фиксни јазли а квадратите адаптивни јазли.

Слика 7: ANFIS архитектура на систем со две влезни и една излезна променлива и Сугено фази правила од прв ред



Фази правилата кај Сугено моделот од прв ред со две влезни и една излезна променлива се формулираат на следниов начин:

$$\text{Ако } x \text{ е } A_1 \text{ И } y \text{ е } B_1 \text{ тогаш } f_1 = p_1x + q_1y + r_1 \quad (8)$$

$$\text{Ако } x \text{ е } A_2 \text{ И } y \text{ е } B_2 \text{ тогаш } f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \quad (9)$$

Каде што x и y се нумерички влезови, а A_i и B_i се лингвистички лабели асоцирани со функцијата на јазолот. Функцијата на секое ниво во петтослојната архитектура на ANFIS системот е дадена во продолжение.

Влезно ниво (Ниво 1): Јазлите во првото ниво ги претставуваат функциите на припадност. Параметрите од ова ниво се нарекуваат параметри на премисата. Секој i -ти јазол во првото ниво е адаптивен и неговата функција е:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x), \quad i = 1, 2 \quad (10)$$

Каде што x е влезот во i -тиот јазол, а A_i е лингвистичка лабела (мало, големо, ...) асоцирана со функцијата на јазолот. Значи O_i^1 ја претставува функцијата на припадност во A_i и го означува степенот до кој x припаѓа во A_i .

Ниво на правила (Ниво 2): Секој јазол во ова ниво претставува неадаптибилен јазол чиј што излез ја претставува излезната моќ (firing strength) на правилото. Во ова ниво се бира најмалата вредност од влезните вредности кои се всушност излезни вредности од претходното ниво. Вредноста се пресметува со примена на И/ИЛИ операторите при што излезот од јазолот ја претставува премисата на фази правилото, односно степенот до кој е задоволена премисата на правилото и ја одредува формата на излезната функција за тоа правило. Излезот од јазолот се генерира како производ на влезните сигнали:

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \quad (11)$$

Ниво на упросечување (Ниво 3): Секој јазол во третото ниво е исто така неадаптивен при што i -тиот јазол го пресметува коефициентот од излезната моќ на i -тото правило во однос на сумата од излезните моќи на сите правила, односно врши нормализација на тежините кои се излезни сигнали од претходното ниво. Излезот од јазолот се дефинира како:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2 \quad (12)$$

Ниво на последица (Ниво 4): Излезот од јазлите во ова ниво претставува лиенарна функција од влезните сигнали, која го пресметува придонесот на i -тото правило во целокупниот излез од моделот. Секој i -ти јазол во ова ниво е адаптивен со функција:

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (13)$$

Каде што \bar{w}_i е излезот од претходното ниво, а $\{p_i, q_i, r_i\}$ е множеството параметри за i -тиот јазол. Овие параметри се нарекуваат последични параметри.

Излезно ниво (Ниво 5): Единствениот јазол во ова ниво е фиксен јазол кој го пресметува конечниот излез преку сумирање на сите влезни сигнали во него, и се дефинира како:

$$O_i^5 = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (14)$$

5.6 Моделирање со Нуро-Фази системи

Моделирањето на нуро-фази системи се одвива во две фази и тоа: идентификација на структурата и идентификација на параметрите на системот. Идентификацијата на структурата на системот значи определување на базата на фази правила, односно бројот на правила и фази множества со кои се пратиционира секоја варијабла од влезно излезниот простор со што се добиваат соодветни лингвистички лабел. Откако ќе се добие задоволителна структура, се врши идентификација на параметрите за фино да се подесат функциите на припадност и нивната форма. За да се надмине потребата за користење на експертско знаење при дефинирање на фази правилата се користат методи кои што можат да ги определата правилата од постоечки влезно излезни множества на податоци. Постојат неколку начини на кои може да се изврши идентификација на структурата и параметрите во нуро-фази систем. Еден начин е секвенцијално да се изврши прво идентификација на структурата на фази правилата, а потоа преку техники на учење да се идентификуваат параметрите во секое правило. Друг начин е преку техники на учење да се идентификуваат само параметрите а структурата на системот да биде фиксно зададена. Техниките за учење кои се користат за идентификација на параметрите најчесто себазираат на невронски мрежи, за разлика од учењето на структурата на системот кој најчесто се базира на техники на пребарување и елиминација.

При идентификација на структурата на системот се врши дефинирање на фази правилата односно нивниот број како и фази множествата кои се користат за партиционирање на секоја варијабла. При тоа имајќи во предвид дека комплексноста на системот експоненцијално се зголемува со зголемување на бројот на варијаблите и фази множествата за партиционирање на просторот на варијаблата, понекогаш е потребно да се направи компромис помеѓу точноста и комплексноста на системот. Тоа значи дека поголем број на фази правила даваат подобра апроксимација на целиот систем, но од друга страна експоненцијалното зголемување на базата на фази правила ја зголемува комплексноста на системот водејќи до т.н. појава на “проклетство на димензии” (“curse of dimensionality”) која захтева огромна процесирачка моќ и ресурси. Затоа за идентификација на структурата на системот се користат техники на пребарување кои спаѓаат во две генерални категории (Azar, 2010):

- селекција нанапред (forward selection) со која се започнува со мала база на фази правила и потоа динамички се додаваат нови правила (Royas et al., 2000)
- елиминација наназад (backward elimination) со која иницијалната база на фази правила која се конструира од претходно експертско знаење или пак преку техники на учење од влезно излезните податоци, се редуцира до зададена функција на грешка (Yen & Wang, 1999) . Структурата на фази правилата може исто така да се оптимизира со помош на техниките на Генетски Алгоритми (Seng et al., 1999)

Овие техники обезбедуваат адаптација на структурата на системот преку динамичко додавање или бришење на правила во базата.

Идентификацијата на параметрите најчесто се врши со помош на алгоритмот за “повратно приспособување” (backpropagation) , или пак со хибриден алгоритам кој работи во две фази како комбинација на “повратно приспособување” (backpropagation)

и “проценка на најмал квадрат” (“least square estimate”) при што истовремено врши идентификација на влезните и на излезните параметри. Имено излезната функција на системот може да се претстави во следнава форма:

$$f = \frac{w_1}{w_1+w_2} f_1 + \frac{w_2}{w_1+w_2} f_2 = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 = (\bar{w}_1 x) p_1 + (\bar{w}_1 y) q_1 + (\bar{w}_1) r_1 + (\bar{w}_2 x) p_2 + (\bar{w}_2 y) q_2 + (\bar{w}_2) r_2 \quad (15)$$

односно како линеарна функција на последичните параметри ($p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2$). Хибридниот алгоритам работи во две фази и тоа нанапред и наназад, при што во фазата нанапред сигналите од секое ниво се пренесуваат до четвртото ниво и потоа се пресметуваат последичните параметри преку техниката на проценка на најмал квадрат. Во фазата наназад, коефициентите на грешка се пренесуваат наназад и параметрите на премисата се ажурираат преку техниката на “приспособување на градиенти” (“gradient descent”) (Jang & Sun, 1995). Во табела 5 се прикажани двете фази на хибридниот алгоритам:

Табела 5: Фазите на работа на хибридниот алгоритам за неуро-фази моделирање

	Фаза нанапред	Фаза наназад
Параметри на премисата	Се фиксирани	Приспособување на градиенти
Последични параметри	Проценка на најмал квадрат	Се фиксирани
Сигнали	Излези од јазлите	Сигнали на грешка

ГЛАВА 6

Статистички модели за предвидување (регресиона анализа)

Регресионата анализа претставува статистичка техника за определување на релациите помеѓу одредени варијабли и се користи за предвидување и прогнозирање како комплементарна на техниките за машинско учење. Во неа се вклучени техники за моделирање и анализа на релацијата помеѓу една “зависна променлива“ и една или повеќе “независни променливи”. Регресионата анализа опишува како влијае промената на вредноста на некоја од независните променливи врз вредноста на зависната променлива кога вредностите на останатите независни променливи се фиксирани. Релацијата се опишува како функција на зависната променлива од независните променливи и се нарекува “регресиона функција”. При тоа треба да се има во предвид дека оваа техника ја определува релацијата помеѓу зависната и независните променливи, што не значи дека таа релација нужно означува и каузалност.

Регресиониот модел се опишува како релација од тип:

$$Y \approx f(X, \beta) \quad (16)$$

каде што Y е зависната променлива, X е вектор на независните променливи, а β се непознати параметри кои можат да бидат вектор или пак скаларни. За да се изврши регресиона анализа мора да се специфицира формата на функцијата f . Таа форма се определува врз база на знаење за релацијата помеѓу Y и X кое не е изведено од самите податоци. Доколку не постои такво знаење се бира одредена преддефинирана функција на врз база на претпоставка за нејзината форма.

6.1 Едноставна линеарна регресија

Линеарната регресија претставува една од основните форми на регресиона анализа. Кај линеарната регресија се претпоставува дека зависната променлива y_i е линеарна комбинација од параметрите (но не мора да биде линеарна и во однос на независните променливи). Едноставната линеарна регресија претставува линеарна комбинација на зависната променлива од една независна променлива и два параметри, односно:

$$Y \approx \beta_0 + \beta_1 X \quad (17)$$

каде што операторот “ \approx ” означува апроксимација на вредноста на Y , односно “регресија на Y врз X ”, а параметрите β_0 и β_1 ги претставуваат “пресекот” (“intercept”) и “наклонот” (“slope”) на функцијата во линеарниот модел. Пресекот изразен со параметарот β_0 ја претставува очекуваната вредност на Y кога $X=0$. Наклонот изразен со параметарот β_1 ја претставува просечната промена на Y при зголемување на X за една единица. Моделот има за цел да изврши предвидување на вредноста на Y преку тренирање на моделот со множество податоци за тренирање (“training dataset”), при што од равенката (17) произлегува дека:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (18)$$

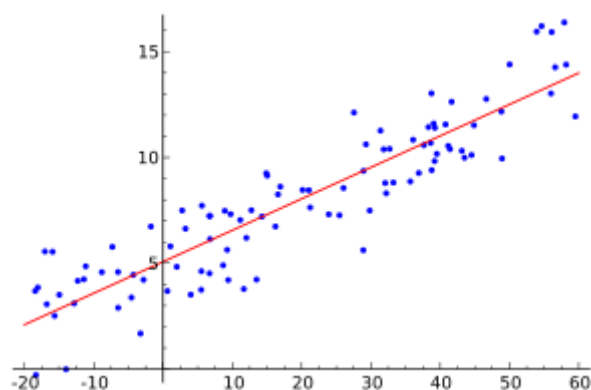
каде што \hat{y} е предвидената вредност за Y кога $X=x$, а пак $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$ ги претставуваат проценетите вредности на параметрите β_0 и β_1 од податоците кои се употребени за тренирање на моделот.

При претпоставка дека имаме n податочни парови (x_i, y_i) во моделот кои претставуваат конкретни вредности односно мерења на X и Y , целта на линеарната регресија е да се добијат проценети вредности за параметрите β_0 и β_1 така што добиениот модел ќе одговара на податочните парови, односно за кои:

$$y_i \approx \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (19)$$

Тоа значи дека моделот има за цел да ги пронајде вредностите на $\widehat{\beta}_0$ и $\widehat{\beta}_1$ за кои добиената линија ќе биде што е можно поблиска до линијата од n -те податочни парови (x_i, y_i) како што е прикажано на слика 8.

Слика 8: Графички приказ на линеарна регресија



Мерењето на близината најчесто се врши со методот на “најмали квадрати”. Имено ако $\hat{y}_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i$ е предвидената вредност за Y врз база на i -тата вредност на X , тогаш $e_i = y_i - \hat{y}_i$ го претставува i -тиот остаток, односно разликата помеѓу i -тата обсервирана вредност и i -тата предвидена вредност од линеарниот модел. Тогаш сумата на ресидуални квадрати (“residual sum of squares”) се дефинира како:

$$RSS = e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2 = (y_1 - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 x_1)^2 + (y_2 - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 x_2)^2 + \dots + (y_n - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 x_n)^2 \quad (20)$$

Методот на најмали квадрати ги бира $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$ така што да се минимизира RSS , односно:

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad \widehat{\beta}_0 = \bar{y} - \widehat{\beta}_1 \bar{x} \quad (21)$$

каде што $\bar{y} \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$, $\bar{x} \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, односно средните вредности во примерокот.

Вистинската релација помеѓу X и Y може да се запише во форма

$$Y = f(X) + \epsilon = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (22)$$

каде што ϵ претставува просечна нулта случајна грешка (mean-zero random error), која означува дека вистинската релација помеѓу X и Y веројатно не е линеарна, односно

дека е можно и други променливи да предизвикуваат варијација во Y а исто така се можни и грешки при мерењето. Равенката (22) ја дефинира регресионата линија на популацијата, која претставува најдобра линеарна апроксимација на вистинската релација помеѓу X и Y .

6.2 Повеќекратна линеарна регресија

Едноставната линеарна регресија служи за предвидување на вредноста на зависната променлива од една независна променлива. Но во практиката често пати зависната променлива може да зависи од повеќе независни променливи. Во таков случај може да се изврши серија од неколку едноставни линеарни регресии со секоја поединечна независна променлива, што не е задоволителен пристап бидејќи секоја поединечна едноставна регресија не го зема во предвид влијанието на останатите променливи при проценката на параметрите на регресијата. Затоа подобар пристап е да се прошири едноставната линеарна регресија во единствен модел кој ги вклучува сите независни променливи, односно за секоја независна променлива доделува посебни параметри за наклон (slope), со што се добива т.н. “повеќекратна линеарна регресија” (“multiple linear regression”) изразена како:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon \quad (23)$$

каде што X_j ја претставува j -тата независна променлива, а β_j ја квантифицира асоцијацијата помеѓу j -тата независна променлива и излезната променлива, односно β_j се интерпретира како просечен ефект врз Y при зголемување на X_j за една единица, кога сите други независни променливи се фиксни.

Како и едноставната линеарна регресија, параметрите $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ во равенката (23) се непознати и истите треба да се проценат од множеството податоци за тренирање на моделот. По проценката на истите со вредностите $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1, \dots, \widehat{\beta}_p$, може да се направат предвидувањата за вредностите на Y , користејќи ја формулата:

$$\hat{y} = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \widehat{\beta}_2 x_2 + \dots + \widehat{\beta}_p x_p \quad (24)$$

Параметрите се проценуваат исто така преку методот на најмали квадрати, односно се бираат $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ така што да се минимизира сумата од квадратни остатоци:

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 x_{i1} - \widehat{\beta}_2 x_{i2} - \dots - \widehat{\beta}_p x_{ip})^2 \quad (25)$$

6.3 Тестирање на хипотези

За да се одговори дали постои релација помеѓу X и Y , кај едноставната линеарна регресија се врши тестирање на хипотези врз коефициентите на регресијата. Во тестот на хипотези се поставува нулта хипотеза:

H_0 : Не постои релација помеѓу X и Y ,

наспроти алтернативната хипотеза:

H_1 : Постои релација помеѓу X и Y ,

Овие хипотези математички можат да се запишат и како:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_a: \beta_1 \neq 0$$

бидејќи ако $\beta_1 = 0$, тогаш моделот (22) се редуцура на $Y = \beta_0 + \epsilon$, што значи дека X не е асоциран со Y . За тестирање на нултата хипотеза, потребно е да се определи дали $\widehat{\beta}_1$, односно проценетата вредност за β_1 е доволно далеку од нула, така што може со сигурност да се тврди дека β_1 не е нула. За таа цел се пресметува т.н. t -статистика (t -statistic) како:

$$t = \frac{\widehat{\beta}_1 - 0}{SE(\widehat{\beta}_1)} \quad (26)$$

каде што $SE(\widehat{\beta}_1)$ е стандардната грешка која пресметува колку проценетата вредност $\widehat{\beta}_1$ е далеку од вистинската вредност на коефициентот β_1 .

Исто така за секој коефициент на регресијата се пресметува процентот p -вредност (p -value) кој што покажува колкава е веројатноста дека коефициентот за соодветната независна променлива е случаен и не опишува вистинска релација. Колку е помала вредноста за p толку може да се заклучи дека постои вистинска релација помеѓу зависната променлива и соодветната независна променлива. Така на пример вредноста на p од 0.05 означува дека има околу 5% шанса да релацијата е случајна, наспроти 95% шанса дека релацијата е реална.

Тоа значи дека доколку p -вредноста е доволно мала, нултата хипотеза се отфрла за сметка на алтернативната, односно се декларира дека постои релација помеѓу X и Y .

Кога имаме повеќекратна линеарна регресија во која наместо еден имаме k предиктори односно независни променливи, нултата хипотеза го поставува прашањето дали сите регресиони коефициенти се нула, односно:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_k = 0$$

$$H_a: \text{барем еден коефициент } \beta_i \neq 0$$

Во случај на повеќекратна линеарна регресија, тестот на хипотезите се спроведува преку т.н. F -статистика, која се пресметува како:

$$F = \frac{(TSS - RSS)/k}{RSS/(n-k-1)} \quad (27)$$

каде што RSS е пресметано како во (25), а $TSS = \sum(y_i - \bar{y})^2$.

F -статистиката е мерка за веројатноста дека целокупниот модел опишува случајна релација а не вистинска релација помеѓу независните и зависната променлива. Слично како и p -вредноста, колку е помала вредноста на F , толку е поголема веројатноста дека релацијата опишана со моделот е вистинска.

6.4 Оценка на точноста на моделот

По креирањето на моделот, потребно е да се изврши проценка на степенот до кој моделот се вклопува во податоците, односно квалитетот на добиената линеарна регресија. Најчесто оваа проценка се прави со помош на мерките “корен од просечната квадратирана грешка” (“Root Mean Squared Error” - $RMSE$) и “коефициент на детерминираност” (“Coefficient of Determination” - R^2). $RMSE$ претставува проценка на стандардната девијација на грешката ϵ , односно просечната вредност на девијација на вредноста на зависната променлива од вистинската линија на регресија, и се пресметува како:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}RSS} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (28)$$

$RMSE$ се интерпретира како мерка за недостатокот на вклопување на моделот (22) во податоците. Тоа значи дека доколку предвидувањата на моделот се блиску до вистинските излезни вредности, односно $\hat{y}_i \approx y_i$ за $i=1, \dots, n$; тогаш $RMSE$ ќе има мала вредност и можеме да заклучиме дека моделот добро се вклопува во податоците. Но доколку \hat{y}_i многу се разликува од y_i во една или повеќе опсервации, тогаш вредноста на $RMSE$ ќе биде голема што означува дека моделот не се вклопува добро во податоците.

$RMSE$ е апсолутна мерка за недостатокот на вклопување на моделот (22) во податоците. Но бидејќи $RMSE$ се пресметува во мерните единици на Y , критериумот за тоа што означува добар $RMSE$ не е еднозначен. Затоа мерката “коефициент на детерминираност” (“Coefficient of Determination”) R^2 претставува алтернативна мерка за вклопувањето на моделот во податоците, и ја означува пропорцијата на варијансата која го објаснува моделот. Затоа R^2 секогаш има вредност од интервалот $[0 - 1]$ и е независна од мерните единици на Y . R^2 се пресметува како:

$$R^2 = \frac{TSS-RSS}{TSS} = 1 - \frac{RSS}{TSS} \quad (29)$$

каде што $TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ ја претставува вкупната варијанса во Y , односно варијансата на излезот пред да се изврши линеарната регресија. Од друга страна RSS ја претставува варијансата која останува необјаснета по извршување на регресијата, па така $TSS-RSS$ ја претставува варијансата која е објаснета по извршување на регресијата, а R^2 претставува пропорција на варијансата во Y која може да се објасни со X . Тоа значи дека доколку вредноста на R^2 е блиску до 1 тогаш голем процент од варијансата на Y се објаснува со X , и обратно доколку R^2 е блиску до 0 тогаш мал процент од варијансата на Y се објаснува со X , односно моделот не е добар.

Мерката “просечна апсолутна грешка во проценти” (“Mean Absolute Percentage Error” – $MAPE$) се пресметува како сума на релативните грешки на предвидување во однос на обсервираната вредност на променливата. Според тоа $MAPE$ е статистичка мерка за мерење на моќта на предвидување на моделот, дефинирана како:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{\hat{y}_i} \right| \times 100 \quad (30)$$

ГЛАВА 7

Моделирање на ученик-ориентиран мешано образовен систем за постигнување на оптимални образовни резултати

7.1 Цели на студијата

Една од целите на оваа студија е да ги истражи објективните и субјективните фактори кои влијаат и можат да го предвидат перцепираниот Квалитет на Искуство во едно ученик-ориентирано мешано едукативно сценарио во кое дел од наставата се одвива преку игрите опишани во поглавејето 2.6, надополнето со користење на ИТ технологија како видеоконференции и видео снимени материјали.

Другата цел на истражувањето е да се истражат факторите кои се однесуваат на личноста и влијаат врз едукативните резултати, при што резултантниот модел да биде способен да го предвиди академскиот успех и стекнатите вештини врз база на субјективните фактори и перцепцијата на учениците вклучени во едукативните активности осмислени и креирани во предложеното мешано едукативно сценарио.

Конечно, имајќи ја во предвид важноста на задоволството на учениците за постигнување на добри едукативни резултати, според резултатите на истражувањето во оваа теза целта е да се идентификуваат стереотипи на ученици врз основа на нивните афинитети и лични карактеристики, и врз основа на тоа да се понуди соодветно адаптивно едукативно сценарио за секој стереотип што ќе се обезбеди оптимална едукативна околина за секоја индивидуа.

7.2 Мешано едукативно сценарио

Едукативното сценарио во оваа студија е изведено преку моделот на мешано учење при што делови од програмата по предметите Математика, Природа и Општество, како и Уметност се одржани со ученик-ориентиран пристап во кој часовите се одвиваат преку традиционалните Бабини игри опишани претходно во поглавјето 2.6, при што покрај игрите на часовите се организирани и видеоконференциски сесии, како и видео материјали од интернет. Учениците кои учествуваа во студијата покрај совладувањето на наставата преку игри, учествуваа во заедничко решавање на задачи, како и во процесот на евалуација. Улогата на наставникот беше да ги презентира целите на задачите, да посредува, да ги мотивира и да ги поддржува учениците.

7.2.1 Учење преку игри

Во наставата беа вклучени шест традиционални игри поделени во три типови на иги и тоа: логички, социјални и визуелни. На часовите по математика се играа две логички игри, на часовите по Природа и Општество се играа две социјални игри, а на часовите по Уметност се играа визуелните игри. Секоја игра се играше на три последователни школски часови, при што секој час беше одржан во различен едукативен контекст: првиот час беше одржан како обичен класичен час на кој учениците непосредно ги играа игрите, на вториот час се одржуваше видеоконференција со врсниците од друго

училиште и на третиот час учениците ги извршуваа задачите според инструкциите дадени преку видео материјали.

На крајот од студијата учениците учествуваа на вкупно осумнаесет часови, од кои по шест на Математика, Уметност, и Природа и Општество. При тоа играа шест различни игри во три различни едукативни контексти: класичен час, видеоконференција и час со видео материјали. На крајот од секој час учениците пополнуваа соодветен прашалник во кој ги оценуваа различните аспекти на наставата и тоа: задоволството од часот, едноставноста, квалитетот на техниката, пристапот какои желбата да се повтори искуството од одржаниот час.

7.2.2 Синхроно далечинско учење (Видеоконференции)

Видеоконференциската инфраструктура користена во студијата е базирана на Polycom видеоконференциската платформа која поврзува различни локации во неколку основни, средни школи и универзитети во Република Македонија, со централно место во Скопје. Локациите се поврзани преку MARNET академската мрежа преку која се поврзани универзитетите како и другите државни едукативни институции. Бидејќи училиштата во руралните средини немаат пристап до академската мрежа, тие користеа стандардна интернет конекција до видеоконференциската платформа, со што имавме можност да анализираме различни мрежни параметри. Секоја оддалечена училница е опремена со соодветна камера, дисплеи, озвучување и опрема за поврзување кон видеоконференциската платформа. Во системот е вклучена централна единица за управување со која се обезбедува глобален централизиран поглед на сите оддалечени видеоконференциски места како и на мрежните елементи, и во исто време се обезбедува надгледување, одржување и контрола во реално време. Оддалечените видеоконференциски места учествуваа како затворена корисничка група, користејќи го H.323 протоколот за аудио/визуелна комуникација низ било која мрежа која се базира на пренос на пакети. Стандардот H.264 е користен како формат за видео компресија, а Siren22 аудио кодексот за енкодирање на звукот. Повиците до видеоконференциската платформа се воспоставувани со брзина до 1920kbps. Преку централизираната конзола за управување можат да се надгледуваат видео сесиите, да се соберат податоци за мрежните параметри во реално време, пред се за параметрите од Мрежниот Квалитет на Сервис како опсег, загуба на пакети, варијација во каснење и вкупно каснење на пакетите.

7.3 Учесници

Едукативното сценарио креирано за оваа студија е изведено од страна на осум наставници од второ и петто одделение во пет основни школи во Република Македонија. Во студијата беа вклучени 142 ученици од кои 77 ученици беа од машки пол, а 65 од женски. Три од вклучените училишта се од рурална и две од нерурална средина. Учениците кои учествуваа во студијата се избрани врз основа на неколку критериуми: од една страна возраста треба да биде соодветна за да можат да се применат HANES тестовите за определување на карактеристиките на личност (од 8 до 18 години); од друга страна примерокот е избран така што да биде репрезентативен за поширок опсег на возрасти за ученици од основно образование. Имајќи во предвид дека учењето преку игри делува помотивирачки кај помладата популација, учениците

се избрани од различни но помлади возрасти за да бидат доволно мотивирани од предложеното едукативно сценарио. Наставниците вклучени во студијата имаат поминато соодветна обука за да можат да го применат едукативното сценарио на часовите.

7.4 Моделирање на систем за предвидување на Квалитетот на Искуство во мешано едукативно сценарио

7.4.1 Поставување на ANFIS моделот

Истражувањето на воочениот Квалитет на Искуство на учениците кои се вклучени во оваа студија кој треба да послужи за конструирање на модел за предвидување на Квалитетот на Искуство на идни ученици кои би учествувале во слично мешано едукативно сценарио, во оваа студија се користи меката техника “Адаптивен Неуро-Фази систем за изведување заклучоци” или ANFIS која е опишана во поглавјето 5.5. Техниката ANFIS е неуро-фази техника која овозможува од дадено множество на влезно/излезни податоци со помош на техники за машинско учење да се генерира база од фази правила за изведување на заклучоци. Во оваа студија е користен хибридниот алгоритам на учење кој овозможува подесување на параметрите на фази променливите во фази правилата. Употребата на ANFIS како техника за моделирање овозможува идентификација на системот од множеството на влезно/излезни податоци од една страна, како и солидна репрезентација на знаењето преку базата на фази правила.

Новината во пристапот користен во оваа студија е тоа што за прв пат ги воведува субјективните фактори кои влијаат на Квалитетот на Искуство (карактеристики на личноста и стил на учење) заедно со објективните технички фактори кои се однесуваат на Мрежниот Квалитет на Сервис (загуба на пакети, варијација на каснење и вкупно каснење) како влезни параметри во ANFIS системот, за да се определи фази релацијата со Квалитетот на Искуство како излезна променлива од системот.

ANFIS моделот за предвидување на Квалитетот на Искуство е развиен во неколку чекори:

Чекор 1: дефинирање на влезно/излезните променливи и прибирање на множеството на влезно излезни податоци за дефинираните променливи.

Чекор 2: иницијализација на структурата и тренирање на ANFIS системот.

Чекор 3: евалуација на перформансите на системот.

За дефинирање, тренирање и евалуација на системот е користен софтверот Matlab Fuzzy Logic Toolbox.

7.4.2 Влезни и излезни променливи

Во консултација со постоечката литература за субјективните и објективните фактори кои влијаат врз Квалитетот на Искуство, опишани во поглавјата 3 и 4, дефинирано е множество од седум влезни променливи. Како објективни променливи се земени параметерите од Мрежниот Квалитет на Сервис, а субјективните фактори во оценувањето на Квалитетот на Искуство се третираани преку карактеристиките на

личноста и стилот на учење. Единствената излезна променлива од системот е Квалитет на Искуство.

7.4.2.1 Квалитет на Сервис

Објективните променливи се дефинирани врз основа на параметрите на Мрежниот Квалитет на Сервис, и тоа: Загуба на пакети (PL), Вкупно каснење (Lat) и Варијација во каснење (Jit). Вредностите за објективните променливи се земени од мрежните дневници добиени од одржаните 96 часови со видеоконференции и видео материјали одржани во тек на студијата. При тоа е земена понеповолната вредност од параметрите за пренесениот и примениот видео проток во тек на секоја сесија. Покрај мрежните параметри, објективна влезна променлива е: Тип на содржина (CT), чии вредности се константи кои ја означуваат типот на содржина користена на часот и тоа: 1 - логичка игра, 2 - визуелна игра и 3 - социјална игра.

7.4.2.2 Карактеристики на личноста

Субјективните променливи кои се однесуваат на карактеристиките на личноста се: Невротичност (N1) и Екстровертност (E3), дефинирани според HANES методологијата опишана во поглавјето 3.3.4.

Вредностите за променливите N1 и E3 се земени од резултатите на HANES тестовите, пополнети од страна на 142-та учесници во студијата. HANES методологијата ги евалуира резултатите од HANES-1 и HANES-2 тестовите на скала од 1 до 9 кои го означуваат степенот до кој личноста поседува одредена карактеристика. При тоа соодветното ниво на невротичност и екстровертност е интерпретирано според Табела 6:

Табела 6: Класификација на карактеристиките на личноста според HANES методологијата

N1, E3, L	Изразито подпросечно	Подпросечно	Просечно	Надпросечно	Изразито надпросечно
Резултат	1	2,3	4, 5, 6	7, 8	9

7.4.2.3 Стил на учење

Субјективната променлива Стил на Учење (VARK) е дефинирана според VARK методологијата дадена во поглавјето 3.3.3. VARK методологијата опишува 23 профили на учење, дадени во Табела 7:

Табела 7: Профили на стил на учење според VARK методологијата

Стил на учење	Профил
V	Визуелен (Многу силен, Силен, Просечен)
A	Аурален (Многу силен, Силен, Просечен)
R	Чита/Пишува (Многу силен, Силен, Просечен)
K	Кинетички (Многу силен, Силен,

	Просечен)
Бимодален	VA, VR, VK, AR, AK, RK
Тримодален	VAR, VAK, ARK, VRK
Мултимодален	VARK

7.4.2.4 Квалитет на искуство

Единствената излезна променлива од системот е Квалитет на Искуство (QoE). Вредностите за излезната променлива се добиени од соодветни прашалници преку кои учениците го оценуваат воочениот Квалитет на Искуство со една од петте вредности според Likert скалата (Likert, 1931) и тоа: {"Супер", "Многу добро", "Добро", "Може подобро", "Не ми се допадна"}. Секоја од овие вредности е асоцирана со соодветна оценка од 1 до 5, при што 1 одговара на најниската вредност ("Не ми се допадна") а 5 на највисоката ("Супер"). Учениците го пополнуваа овој прашалник после секој час при што ги оценуваа прашањата за задоволството од едукативната околина и како и нивното мислење за тоа како таа околина влијае врз нивната ефикасност во учењето. Средната вредност од сите оценки на прашалникот е земена како оценка за севкупно перцепираниот Квалитет на Искуство.

7.4.2.5 Процедура

На почетокот од студијата, секој ученик ги исполни HANES и VARK тестовите, а во тек на наставата по секој час го пополнуваа прашалникот за задоволство од активностите. По секој одржан час со видеоконференција или снимени видео матријали се земено мрежните дневници со вредности за параметрите за квалитет на сервис.

Комплетната листа на Влезно/Излезни променливи и нивните вредности е дадена во Табела 8:

Табела 8: Листа на Влезно/Излезни променливи во ANFIS моделот

Име на променлива	Опис	Тип	Извор	Опсег на вредности
PL	Загуба на пакети (Tx/Rx)	Објективна	Мрежен дневник	[0 - 8] %
Lat	Вкупно каснење (Tx/Rx)	Објективна	Мрежен дневник	[0 - 1213] ms
Jit	Варијација во каснење (Tx/Rx)	Објективна	Мрежен дневник	[0 - 240] ms
N1	Невротичност	Субјективна	HANES тест на личноста	[1 - 9]
E3	Екстровеерност	Субјективна	HANES тест на личноста	[1 - 9]
VARK	Стил на учење	Субјективна	VARK прашалник	[1 - 23]
CT	Тип на содржина	Објективна	Константна вредност:	[1 - 3]

			1- логичка 2-визуелна 3- социјална	
QoE	Квалитет Искуство	на Излезна	QoE прашалник	[1 - 5]

7.4.3 Тренирање на системот

Комплетното множество од 1704 вектори на влезно/излезни податоци е добиено со евалуација на 142 ученика кои беа вклучени во 6 игри на часовите со видеоконференции и снимени видео материјали. Ова множество на податоци е поделено по случаен избор на множество на податоци за тренирање на системот од 1000 податочни редови, и множество за проверка на системот од 704 податочни редови.

Иницијалната структура на фази правилата на ANFIS системот може да се изврши со помош на алгоритмите на “мрежно партиционирање” (grid partitioning) или пак “редуцирање на кластери” (subtractive clustering). Првиот алгоритам ја генерира базата на правила преку земање на сите можни комбинации од функциите на припадност за сите влезни променливи, што доведува до експоненцијално растење на бројот на правила во базата на правила. Оваа појава се нарекува “проклетство на димензии” (“curse of dimensionality”) и претставува лимитирачки фактор при изборот на бројот на влезни променливи.

Алгоритмот “редуцирање на кластери” претставува метод со кој се определува број на кластери и нивните центри врз основа на однапред зададен радиус. Со овој метод се врши поделба на податочниот простор во фази кластери при што секој кластер одговара на одредено правило во фази системот. Со поделбата на податочниот простор на кластери се определува премисата на фази правилата. Овој метод претпоставува дека секоја податочна точка може да претставува потенцијален центар на кластерот и ја пресметува веројатноста секоја точка да се дефинира како центар на кластерот, врз база на густината на соседните податочни точки. Алгоритмот ги прави следниве чекори:

- ја селектира податочната точка со највисок потенцијал да биде центар на првиот кластер
- ги отстранува сите податочни точки во близина на центарот врз база на зададениот радиус со цел да го определи следниот кластер и неговиот центар
- го повторува овој процес во повеќе итерации се додека постојат податочни точки во радиусот на центарот на кластерот

Овој алгоритам претставува екстензија на алгоритмот “mountain clustering” предложен од Yager (Yager & Filev, 1994).

При користење на алгоритмот “мрежно партиционирање” за иницијализација на почетната структура на ANFIS во Matlab, лимитот на “проклетство на димензии” се појавува кога се вклучуваат повеќе од пет влезни променливи. Затоа кога се користи овој алгоритам во Matlab, мора да се редуцира бројот на влезни променливи на четирите влезни променливи кои се највлијателни врз излезната променлива.

Хевристичкиот метод за селекција на влезни променливи предложен од Jang (Jang, 1996) го редуцира бројот на влезни променливи со помош на конструирање на повеќе ANFIS модели со помал број на влезни променливи од иницијалниот број на влезни променливи, и потоа го пресметува RMSE (Relative Mean Square Error) од податоците за тренирање на секој добиен модел со една епоха на тренирање. Моделот кој дава најмала RMSE во една епоха се смета дека ќе ги надмине перформансите на другите модели и при повеќе епохи на тренирање.

Системот предложен во оваа теза ја користи exhsrch командата на Matlab за да евалуира 35 ANFIS модели од иницијалните 7 променливи редуцирани на модели со 4 променливи. Од нив, моделот со влезни променливи N1, E3, VARK и Jit, произведе најмала RMSE во една епоха на тренирање, од што може да се претпостави дека овие влезни променливи имаат најголемо влијание врз излезната променлива.

За да направиме евалуација и споредба на перформансите на системите иницијализирани со помош на алгоритмите за “мрежно партиционирање” и “редуцирање на кластери”, конструираме три ANFIS системи: ANFIS-s7 со седум влезни променливи (N1, E3, VARK, Jit, PL, Lat, CT) кој го користи алгоритмот “редуцирање на кластери”; ANFIS-g4 со четири влезни променливи (N1, E3, VARK, Jit) кој го користи алгоритмот на “мрежно партиционирање”; и ANFIS-s4 со четири влезни променливи (N1, E3, VARK, Jit) кој го користи алгоритмот “редуцирање на кластери”. ANFIS-s7 и ANFIS-s4 се иницијализирани со 0.42 радиус на влијание на центрите на податочните кластери. ANFIS-g4 е иницијализиран со три триаголни функции на припадност за променливите N1, E3 и Jit, и пет триаголни функции на припадност за променливата VARK.

Иницијалната структура на добиените ANFIS системи е дадена во Табела 9:

Табела 9: Споредба на структурата на ANFIS-s7, ANFIS-s4 и ANFIS-g4

	ANFIS-s7	ANFIS-g4	ANFIS-s4
Број на јазли:	426	305	197
Број на линеарни параметри:	208	675	95
Број на нелинеарни параметри:	364	42	152
Вкупен број на параметри:	572	717	247
Број на податочни вектори за тренирање:	1000	1000	1000
Број на податочни вектори за проверка:	704	704	704
Број на фази правила:	26	135	19
Број на епохи на тренирање:	50	50	50

Иницијалните системи се тренирани со користење на командата anfis во 50 епохи на тренирање и 0 толеранција на грешка. Процесот на тренирање запира тогаш кога

грешката при тренирање (RMSE) ќе стане помала од преддефинираната толеранција на грешка или пак кога ќе се постигне зададениот број на епохи на тренирање.

7.4.4 Валидација на моделот

По извршеното тренирање на системот, може да се презентира множество на податоци за проверка кои не биле презентирани на системот при тренирање, со помош на кои се тестира вклопувањето на моделот. Имено ANFIS е техника за идентификација на системи која користи множество на влезно/излезни податоци за да го тренира системот. Оваа техника на моделирање работи добро доколку множеството податоци за тренирање целосно ги репрезентира карактеристиките на податоците кои што тренираниот систем треба да ги моделира. Но тоа немора да биде секогаш случај, односно во одредени ситуации податоците за тренирање содржат одреден шум и не можат да ги репрезентираат сите карактеристики на податоците кои ќе му бидат понатаму презентирани на моделот. За таа цел е потребно да се изврши валидација на моделот.

Со валидација на моделот се одредува колку добро моделот ги предвидува излезните вредности на множество податоци на кои системот не бил трениран. Но како што претходно спомнавме, овој тип на валидација е погоден во случаите кога множеството податоци за тренирање целосно ги репрезентира карактеристиките на податоците кои тренираниот систем ги моделира. Валидацијата може да се изврши и со користење на посебно множество податоци за проверка (checking data) со помош на кои се контролира т.н. преголемо вклопување на моделот (model overfit). Преголемо вклопување настанува кога добиениот модел опишува случајна грешка или пак шум наместо вистинска релација која постои во влезно/излезните податоци. Имено, при валидација на моделот изграден со адаптивни техники потребно е да се избере множество на податоци што ќе биде репрезентативно за податоците кои тренираниот модел треба да ги емулира, но сепак доволно различно од множеството податоци за тренирање за да не го направи процесот на валидација тривијален.

Множеството податоци за проверка има за цел да ја провери способноста за генерализација на фази системот во секоја епоха. Форматот на податоци за проверка е исти како и форматот на податоците за тренирање на системот. Кога е зададено множество на податоци за проверка во системот, во секоја епоха на тренирање се врши крос-валидација односно се проверува колку добро добиениот модел одговара на податоците за проверка, преку пресметување на грешката при проверка која е разлика помеѓу излезната вредност во векторот на податоци за проверка и излезната вредност добиена од конструираниот фази систем за изведување заклучоци. Доколку множеството податоци за проверка е добро избрано, грешката при проверка во текот на епохите ќе се намалува се до одредена епоха во која грешката при проверка може да започне да расте што сигнализира преголемо вклопување. Но доколку во текот на епохите на тренирање грешката при проверка расте, тоа значи дека карактеристиките на множеството податоци за проверка се многу различни од множеството податоци за тренирање, па резултантниот модел не ги одразува доволно карактеристиките на податоците на системот. Тоа значи дека не е добар изборот на функциите на припадност и истите треба да се променат, или пак да се зголеми бројот на вектори во множеството за тренирање за да може резултантниот модел да ги одразува карактеристиките на податоците на системот.

Целокупното множество на податоци од 1704 вектори, кое се користи во оваа студија, е поделено по случаен избор на на множество на податоци за тренирање од 1000 вектори и множество податоци за проверка од 704 вектори. Системот е креиран со користење на обете множества во процесот на тренирање. Целокупното множество податоци е релативно големо во однос на бројот на параметрите на системот, со што обезбедува да множеството податоци за тренирање е репрезентативно за добиениот модел, а множеството на податоци за проверка е различно од множеството податоци за тренирање за да се осигура дека процесот на валидација не е тривијален.

Со завршување на процесот на тренирање, се идентификувани иницијалните функции на припадност кои најдобро одговараат на податоците за тренирање и моделот може да се користи. Во тек на тренирањето на системите грешката на податоците за проверка на системот постепено се намалува во секоја епоха, се до околу педесеттата епоха кога оваа грешка постепено започнува да расте, како што е прикажано на слика 8. Ова претставува индикација дека оптимален број на епохи на тренирање е околу 50, затоа што понатамошно зголемување на бројот на епохи може да предизвика преголемо вклопување на моделот (model overfit).

7.4.5 Резултати и дискусија за моделот за предвидување на Квалитет на Искуство

Перформансите на ANFIS-s7, ANFIS-g4 и ANFIS-s4 се проценети со помош на мерките RMSE, MAPE и R^2 , кои се дефинирани во поглавјето 6.4.

Споредбата на резултатите за трите системи е дадена во Табела 10.

Табела 10: Споредба на RMSE, MAPE и R^2 на ANFIS-s7, ANFIS-g4 и ANFIS-s4

	ANFIS-s7	ANFIS-g4	ANFIS-s4
RMSE (Податоци за тренинг)	0.6079	0.3236	0.5264
RMSE (Податоци за проверка)	1.7398	0.7094	0.7381
RMSE со линеарна регресија (над податоците за проверка)	1.3278	0.8906	0.8906
MAPE (Податоци за тренинг)	12.2483	4.6263	9.1210
MAPE (Податоци за проверка)	102.3401	16.5258	12.3196
R^2 (Податоци за тренинг)	0.4927	0.8244	0.5353

Резултатите покажуваат дека ANFIS-g4 и ANFIS-s4 со четири влезни променливи имаат подобри перформанси од ANFIS-s7 со седум влезни променливи. Овој резултат го потврдува тврдењето дека соодветниот избор на променливи е многу значаен за добро моделирање на системот. Преголем број на променливи можат да ја нарушат работата на системот и непотребно да ја зголемат комплексноста. Три од четирите

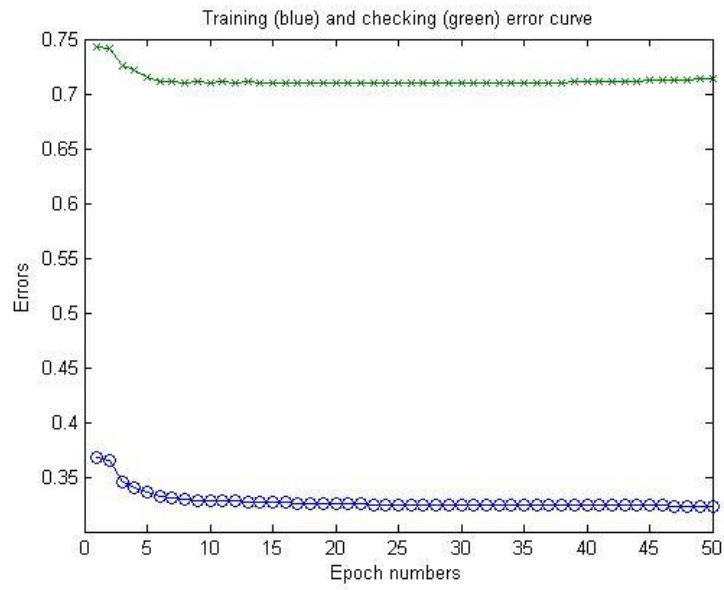
највлијателни влезни променливи се од субјективна природа, што претставува потврда на истражувањата за влијанието на карактеристиките на личноста и стилот на учење врз вооченото задоволство и академските резултати на учениците. Оваа студија покажува дека субјективните фактори имаат поголемо влијание врз Квалитетот на Искуство отколку објективно мерените мрежни параметри. ANFIS-g4 и ANFIS-s4 даваат помала RMSE споредено со RMSE од линеарната регресија на податоците за проверка, што претставува јасна индикација дека ANFIS моделите со четири влезни променливи имаат подобри перформанси од моделот со линеарна регресија.

ANFIS-g4 со мрежно партиционирање дава најмала RMSE над податоците за тренинг и проверка, и најмала вредност за MAPE над податоците за тренинг. Исто така ANFIS-g4 дава највисока вредност за R^2 при што четворката од влезни променливи (N1, E3, VARK, Jit) објаснува околу 82% од варијансата на Квалитетот на Искуство над податоците за тренирање, што означува дека моделот добро се вклопува во податоците кои ги моделира. Тоа значи дека од предложените три модели ANFIS-g4 дава најдобри перформанси на предвидување на Квалитетот на Искуство. Вредноста на R^2 од 82% на ANFIS-g4 е споредлива со вредностите за R^2 дадени во слични студии (Chamorro-Premuzic & Furnham, 2008; Khan et al., 2010).

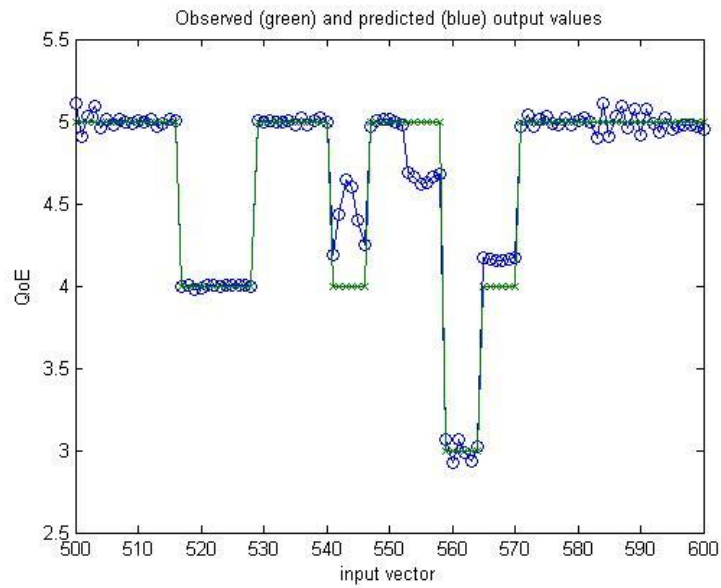
На сликите 9 и 10 се дадени кривите на грешки и споредбата на актуелните со предвидените излезни вредности од ANFIS-g4. Сликата 9 покажува дека после 15 епохи на тренирање, кривата на грешка останува стабилна се до околу 45та епоха кога кривата на грешки од податоците за проверка започнува да расте, со што се сигнализира можно преголемо вклопување на моделот, и затоа понатамошно зголемување на бројот на епохи на тренирање ќе ги наруши преформансите на системот. Тоа значи дека моделот дава најдобри резултати за околу 40 епохи на тренирање.

Ефектите на влезните променливи врз перцепираниот Квалитет на Искуство се прикажани на сликите 11, 12 и 13, преку површините кои се генерирани од ANFIS-g4. Површините се добиени така што се фиксираат две променливи а се оставаат другите две да варираат. Површината на слика 11 покажува дека учениците со мултимодален стил на учење и многу силна екстровеитност имаат највисоки вредности за Квалитет на Искуство. Површината на слика 12 покажува помалите вредности на невротичност во комбинација со просечни и многу силно екстровеитни вредности дава повисока вредност за перцепираниот Квалитет на Искуство. Површината пак на сликата 13 го покажува негативниот ефект на варијацијата на каснење на пакетите врз перцепираниот Квалитет на Искуство.

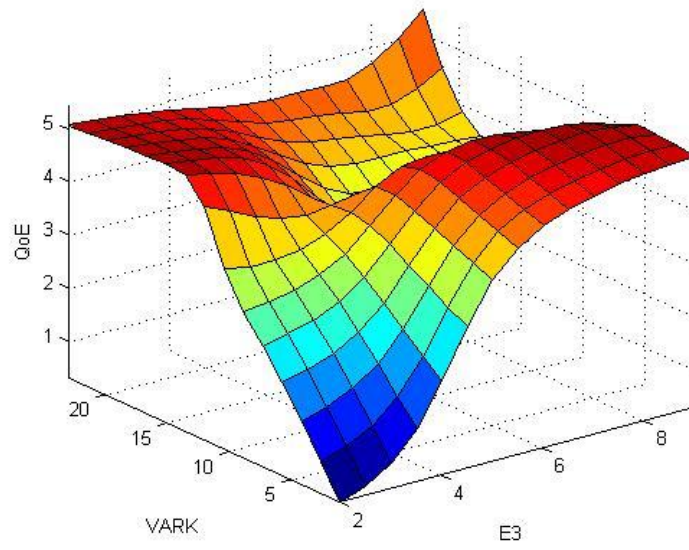
Слика 9: Споредба на грешките при тренирање и проверка на ANFIS-g4



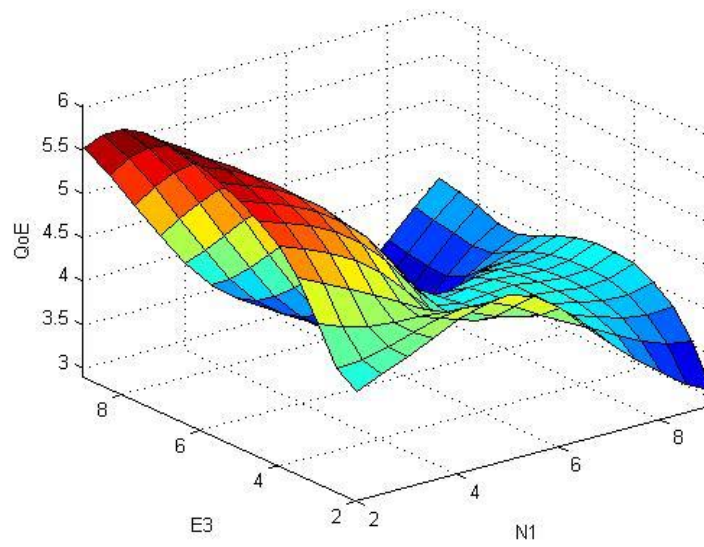
Слика 10: Споредба на актуелните и предвидените излезни вредности од ANFIS-g4



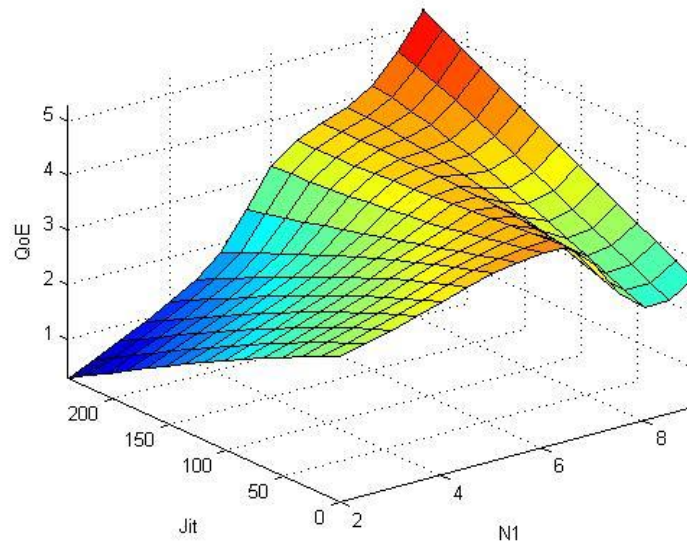
Слика 11: Ефектот на VARK и E3 врз QoE



Слика 12: Ефектот на N1 и E3 врз QoE



Слика 13: Ефектот на N1 и Jit врз QoE



7.4.6 Предвидување на Квалитет на Искуство со линеарна регресија

За да ја истражиме релацијата помеѓу влезните променливи во ANFIS моделите и излезната променлива изразена како Квалитет на Искуство, направена е линеарна регресија LR-7 врз комплетното множество на 1704 вектори од влезно/излезни податоци, како што е дадено во Табела 11.

Табела 11: Моделот на линеарна регресија LR-7

	LR-7
Независни променливи	N1, E3, VARK, CT, PL, Lat, Jit
Зависна променлива	QoE
Регресиона равенка	$QoE = a * N1 + b * E3 + c * VARK + d * CT + e * PL + f * Lat + g * Jit + h$
F-вредност (ANOVA)	10.819
p-вредност (ANOVA)	0.000
RMSE	0.7977
R ²	0.043

Резултатите на *t*-статистиката и асоцираните 2-валентни *p*-вредности кои се добиени при проценка на ефектот на независните променливи (предиктори) врз зависната променлива (Квалитет на Искуство) се дадени во Табела 12. При тоа нултата хипотеза е дека определен коефициент е еднаков на нула при алфа ниво од 0.05, што означува дека соодветната променлива нема ефект врз моделот. Алтернативната хипотеза е дека соодветната променлива има ефект врз системот.

Табела 12: *t*-статистика на коефициентите на LR-7

LR-7				
Променлива	Коефициент на регресија	Вредност на коефициентот	t-вредност	p-вредност
(Константа)	<i>h</i>	4.291	33.773	.000
N1	<i>a</i>	-0.043	-3.608	.000
E3	<i>b</i>	0.028	2.678	.007
VARК	<i>c</i>	0.017	5.939	.000
CT	<i>d</i>	-0.002	-0.098	.922
PL	<i>e</i>	0.000	-0.676	.499
Lat	<i>f</i>	0.000	-1.799	.072
Jit	<i>g</i>	0.002	1.412	.158

Табелата 12 покажува дека *p*-вредностите за *a*, *b* и *c* коефициентите (N1, E3 и VARК променливите) се помали од алфа вредноста, што доведува до заклучок дека тие се значајно различни од нула. *p*-вредноста за коефициентот *g* (Jit променлива) е поголем од алфа вредноста, што значи дека тој не е значајно различен од нула. Моделот LR-7 индицира дека од даденото множество од седум влезни променливи, највлијателни врз воочениот Квалитет на Искуство се N1, E3 и VARК променливите. Овој резултат е во согласност со изборот на субјективните променливи при конструкцијата на ANFIS-s4 и ANFIS-g4 моделите. Имајќи ги во предвид резултатите од претходното поглавје кои покажуваат дека ANFIS-g4 и ANFIS-s4 даваат помала вредност за RMSE од соодветната вредност на RMSE при линеарна регресија, може да се заклучи дека ANFIS е соодветна техника за моделирање на систем за предвидување на Квалитетот на Искуство во едукативните активности.

Резултатите добиени во оваа студија се споредливи со резултатите презентирани во студиите на Khan et al. (2008; 2010) во смисла на RMSE и R^2 . Рамката предложена во студијата на (Venkataraman, Chatterjee, & Chattopadhyay, 2009) предлага модел за предвидување на Квалитетот на Искуство базиран на простор од произволни *k*-димензии кои ги претставуваат параметрите кои потенцијално можат да влијаат врз видео квалитетот на видео стримови. Меѓутоа сите овие студии најчесто ги земаат во предвид само параметрите од Квалитетот на Сервис кои влијаат врз видео квалитетот. Во оваа теза е направен обид да се разгледува Квалитетот на Искуство од поширок аспект преку вклучување на субјективните фактори кои се однесуваат на карактеристиките на личноста и стилот на учење покрај мрежните фактори. Резултатите во оваа теза се споредливи со резултатите од социолошките студии кои се однесуваат на влијанието на карактеристиките на личноста и стилот на учење врз задоволството на учениците и нивниот академски успех.

7.5 Моделирање на систем за предвидување на образовните резултати во мешано едукативно сценарио

7.5.1 Поставување на ANFIS моделите за предвидување на академски перформанси и преносливи вештини

За конструкција на системите за предвисување на академските перформанси и преносливите вештини, повторно е користена мека техника за идентификација на фази

релациите помеѓу карактеристиките на личноста, стилот на учење и задоволството од едукативните активности како детерминирачки фактори и академските перформанси и преносливите вештини како едукативни резултати односно излезни променливи од системите. И во овој случај ANFIS техниката се покажа како погодна за моделирање и репрезентација на непрецизното човечко резонирање, врз база на постоечко множество од влезно/излезни податоци. Првиот ANFIS систем е конструиран со цел да ги определи фази релациите и да изврши предвидување на академските резултати, а вториот да изврши предвидување на преносливите вештини врз база на влезните субјективни променливи кои се однесуваат на карактеристиките на личноста, стилот на учење и задоволството од едукативните активности.

Новоста во пристапот кој се користи во оваа теза е тоа што е предложен модел кој овозможува предвидување на едукативните резултати со висока точност пред воопшто да се изведе едукативниот процес и независно од интелектуалните способности на учениците.

Покрај конструкцијата на моделите со помош на меките техники, исто така се конструирани и статистички модели користејќи линеарна регресија над истите множества на влезно/излезни променливи и податоци, за да се изврши споредба на перформансите и предвидувачката способност на секоја од предложените техники.

7.5.2 Влезни и излезни променливи

Карактеристиките на личноста се вклучени во студијата преку две влезни променливи кои се однесуваат на Екстровеертноста и Невротичноста. Овие два конструкти се вклучени заради неколку причини. Имено, теоријата на Eysenck оригинално ги препознава само овие две димензии на личноста а дури подоцна е проширена со димензијата Психотичност. Другата многу позната теорија за личноста т.н. “Големите Пет”, исто така ги препознава овие две димензии на личноста, надополнети со Отвореност (Openness), Совесност (Conscientiousness) и Емпатичност (Agreeableness). Имајќи ја во предвид возраста на учесниците во студијата, и сметајќи дека Психотичноста не е толку изразена карактеристика кај младата популација па затоа и не би имала големо влијание врз моделот, во студијата се вклучени само најизразените конструкти кои се заеднички за обете теории на личноста.

Стилот на учење е застапен со четири влезни променливи во согласност со VARK моделот, кој го класифицира стилот на учење според афинитетите на учениците кон начинот на примање инструкции, како Визуелни, Аудио, Чита/Пишува и Кинетички стил. Овој модел обезбедува доверлив инструмент во форма на прашалник со кој се определува стилот на учење кај учениците.

Задоволството од едукативните активности е исто така вклучено како конструкт предложен со една влезна променлива во системот.

Иако во литературата се среќаваат уште неколку значајни предиктори на академскиот успех (како интелектуалните способности, мотивацијата и сл.) во оваа студија се земени во предвид само претходно споменативе конструкти имајќи ги во предвид збалешките кои ќе ги наведеме во продолжение.

Имено интелектуалните способности имаат висока корелација со академските перформанси, како што е наведено во студијата на Chamorro-Premuzic (2007). Тоа значи дека тие претставуваат значаен кандидат за влезна променлива. Покрај фактот дека оваа корелација е веќе добро опишана во литературата, при конструирање на влезните променливи во овој систем целта беше да се истражат останатите фактори кои придонесуваат за постигнување на максималниот потенцијал на ученикот независно од неговите интелектуални способности. Исто така земено е во предвид дека мерењето на интелектуалните способности резултира во рангирање на интелигенцијата на учениците од пониска кон повисока, што може да предизвика одредена nelaгодност кај помалите ученици. Имајќи ги во предвид овие размислувања, интелектуалните способности не се вклучени во оваа студија иако се значаен предиктор на академскиот успех.

Мотивацијата исто така претставува фактор кој влијае врз академскиот успех. Во оваа студија мотивацијата се третира како фактор кој влијае врз вкупно воочено задоволство наместо како посебна влезна променлива. Една од причините е и тоа што мерењето на мотивацијата преку објективен инструмент не е тривијална задача посебно кај помлада популација. Затоа мотивацијата е вклучена како подсекција од прашалникот кој го мери севкупното задоволство кај учениците, опишан подолу.

Во продолжение ќе бидат опишани поединечно сите влезни и излезни променливи вклучени во оваа студија, со соодветните инструменти за мерење.

7.5.2.1 Карактеристики на личноста

Индивидуалните карактеристики на личноста се евалуирани преку HANES методологијата опишана во поглавјето 3.3.4. Дефиниравме две променливи N1 и E3 кои ги претставуваат димензиите на личноста Невротичност и Екстровеерност, соодветно. Вредностите за N1 и E3 се земени од HANES-1 и HANES-2 тестовите пополнети од секој ученик на почетокот на студијата.

7.5.2.2 Стил на учење

Стилот на учење на секој ученик е евалуиран со помош на VARK методологијата опишана во поглавјето 3.3.3. Како што е наведено во поглавјето 3.3.3, стиловите на учење според VARK методологијата се класифицирани како визуелен, аудио, чита/пишува и кинетички како базични модалитети. Покрај основните модалитети, VARK методологијата опишува и би/три/мултимодални стилови на учење, како што е дадено во табелата 6.

Во овој модел дефиниравме четири променливи V, A, R и K за секој од основните четири модалитети на стил на учење. Стилот на учење на секој ученик е определен со пополнување на прашалникот VARK на почетокот на студијата и е евалуиран според VARK методологијата. Според добиениот профил на стил на учење на ученикот, на секоја од четирите променливи се доделува вредност од 0 до 6 каде што 6 означува многу силно изразен модалитет, 5=силен, 4=просечен, 3=бимодален, 2=тримодален, 1=мултимодален и 0=нема афинитет кон дадениот стил на учење. Така на пример ученик со силен Аудио модалитет ќе ги добие следните вредности за четирите

променливи: $V=0$, $A=5$, $R=0$, $K=0$; Бимодален VK профил ќе има вредности $V=3$, $A=0$, $R=0$, $K=3$; тримодален VAK профил ќе ги добие вредностите $V=2$, $A=2$, $R=0$, $K=2$; а додека пак учениците со мултимодален стил на учење ќе имаат вредности $V=1$, $A=1$, $R=1$, $K=1$.

7.5.2.3 Задоволство од едукативните активности

Влезната променлива Sat со која се изразува задоволството од едукативните активности е дефинирана со помош на прашалник кој е креиран за да го оцени задоволството од наставата преку деветнаесет прашања поделени во пет секции и тоа: леснотија на следење на часот, однесувањето на часот, мотивираноста, техничкиот квалитет и искуството со мешаниот едукативен контекст предложен во студијата. Учениците го даваа своето мислење за секое прашање преку оценка од 1 до 5 од Likert скалата, при што средната вредност од сите одговори е земена како вредносот за задоволството од едукативните активности.

7.5.2.4 Академски успех

Излезната променлива AP го дефинира академскиот успех кој е оценет со оценка од 1 до 5 од страна на наставниците на крајот од студијата.

7.5.2.5 Преносливи вештини

Излезната променлива TS ги дефинира преносливите вештини на учениците кои беа евалуирани со оценка од 1 до 5 од страна на наставниците на крајот од студијата. Оценката е дадена како резултат на обсервацијата на наставникот за комуникацијата, соработката и интерактивноста на секој ученик и проценката на наставникот за стекнатите вештини на ученикот.

7.5.2.6 Процедура

На почетокот од студијата, секој ученик ги пополни HANES и VARK тестовите, а во тек на наставата по секој час го пополнуваа прашалникот за задоволство од активностите. На крај на студијата наставниците ги оценија академскиот успех и преносливите вештини на секој ученик.

Конструирани се два ANFIS модели: ANFIS-ар за предвидување на академскиот успех и ANFIS-ts за предвидување на преносливите вештини. Системите се дефинирани, иницијализирани и тренирани со помош на софтверот Matlab Fuzzy Logic Toolbox. Обата системи имаат исто множество на влезни променливи, со тоа што првиот какоизлезна променлива ја има AP, а вториот TS.

Комплетната листа на Влезно/Излезни променливи и нивните вредности е дадена во Табела 13:

Табела 13: Листа на Влезно/Излезни променливи во ANFIS моделот за предвидување на AP и TS

Име на променлива	Опис	Тип	Извор	Опсег на вредности
N1	Невротичност	Карактеристика на личност	HANES тест на личноста	[1 - 9]
E3	Екстровеерност	Карактеристика на личност	HANES тест на личноста	[1 - 9]
V	Визуелен	Стил на учење	VARC прашалник	[0 - 6]
A	Аудио	Стил на учење	VARC прашалник	[0 - 6]
R	Чита/Пишува	Стил на учење	VARC прашалник	[0 - 6]
K	Кинетички	Стил на учење	VARC прашалник	[0 - 6]
Sat	Задоволство	Задоволство	Прашалник	[1 - 5]
AP	Академски успех	Излезна	Оценка од наставникот	[1 - 5]
TS	Преносливи вештини	Излезна	Оценка од наставникот	[1 - 5]

7.5.3 Иницијализација на структурата и тренирање на системите

Комплетното множество на 852 влезно излезни вектори е добиено со евалуација на 142 ученика, кои учествуваа во студијата по трите предмети (Математика, Уметност и Природа/Општество) во две околин (традиционална и со употреба на технологија на час). Иницијалното податочное множество е поделено по случаен избор на множество за тренирање од 500 вектори и множество податоци за проверка од 352 вектори.

Системите се иницијализирани со помош на алгоритмот на редуцирани кластери, а потоа се тренирани во 100 епохи на тренирање со 0 толеранција на грешка. Процесот на тренирање завршува кога грешката при на тренирање ќе стане помала од предефинираната толеранција на грешка, или пак кога ќе се достигне бројот на епохи на тренирање. Кога ќе заврши процесот на тренирање, иницијалните функции на припадност кои најдобро се вклопуваат во податоците за тренирање се идентификувани и моделот е спремен за користење.

Иницијалната структура на ANFIS-ap и ANFIS-ts е дадена во Табела 14:

Табела 14: Иницијална структура на ANFIS-ap и ANFIS-ts

	ANFIS-ap и ANFIS-ts
Број на јазли:	346
Број на линеарни параметри:	168
Број на нелинеарни параметри:	294
Вкупен број на параметри:	462
Број на податочни вектори за тренирање:	500

Број на податочни вектори за проверка:	352
Број на фази правила:	21
Број на епохи за тренирање:	100

7.5.4 Резултати и дискусија за моделот за предвидување на образовните резултати

Перформансите на ANFIS-ар и ANFIS-ts се проценети со помош на мерките RMSE, MAPE и R^2 , кои се дефинирани во поглавјето 6.4. Резултатите се дадени во Табела 15.

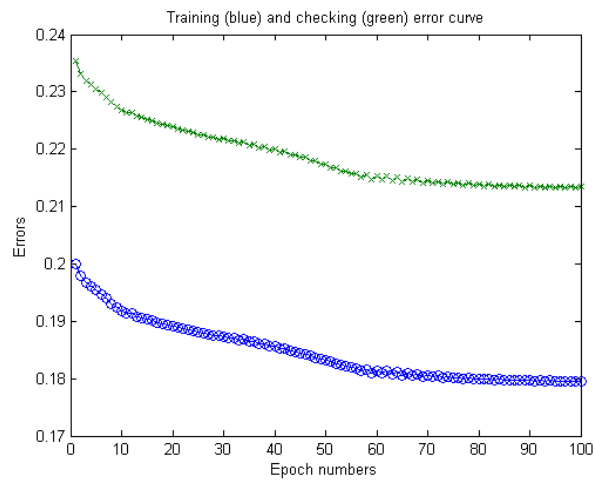
Табела 15: Перформансите на ANFIS-ар и ANFIS-ts

	ANFIS-ар	ANFIS-ts
RMSE (Податоци за тренинг)	0.1795	0.2342
RMSE (Податоци за проверка)	0.2132	0.2775
RMSE од линеарна регресија над податоците за проверка	0.4254	0.5921
MAPE (Податоци за тренинг)	2.0077	3.4984
MAPE (Податоци за проверка)	2.8086	4.7905
R^2 (Податоци за тренинг)	0.9593	0.9423
R^2 (Податоци за проверка)	0.9468	0.9272

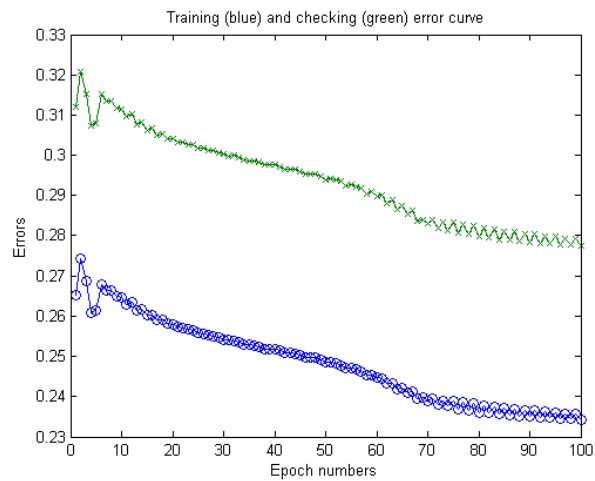
Резултатите покажуваат дека обата системи ANFIS-ар и ANFIS-ts продуцираат помала RMSE споредена со RMSE на линеарната регресија над податоците за проверка. Обата системи исто така продуцираат високи вредности на R^2 објаснувајќи околу 94% од варијансата на AP и 92% од варијансата на TS. Овие резултати покажуваат дека ANFIS моделите се соодветно конструирани и дека обезбедуваат добри резултати за предвидување на AP и TS променливите.

Кривите на грешки на ANFIS-ар и ANFIS-ts се дадени на Сликите 14 и 15. Од сликите се гледа дека грешката опаѓа до околу стотата епоха, по која останува стабилна. Кога грешката ќе почне да расте, тоа сигнализира преголемо вклопување на моделот, и затоа може да сметаме дека 100 епохи на тренирање се оптимални за предложените модели.

Слика 14: Грешки при тенирање и проверка на ANFIS-ар

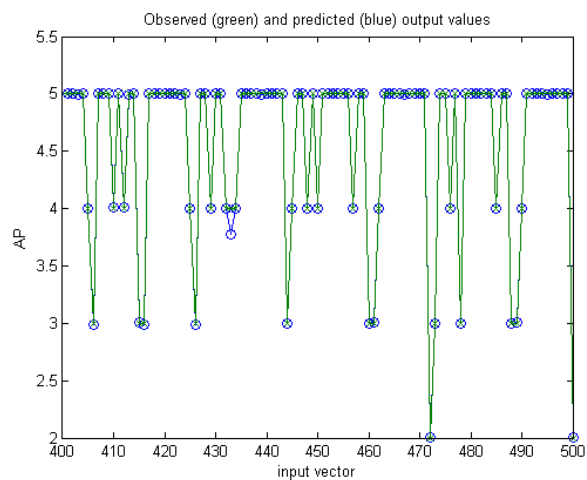


Слика 15: Грешки при тенирање и проверка на ANFIS-ts

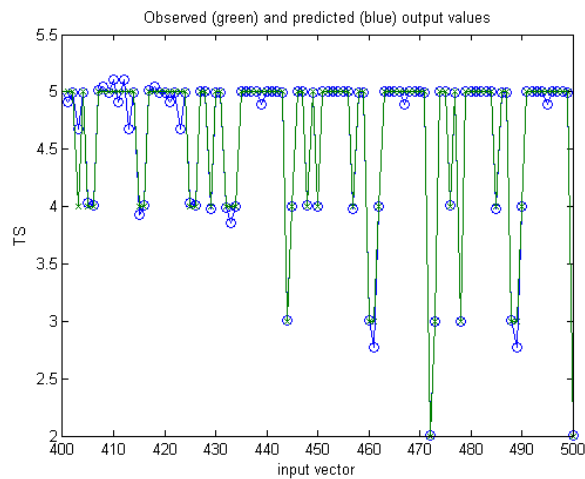


Споредбата на актуелната и предвидената вредност од ANFIS-ар и ANFIS-ts се дадени на Слика 16 и 17 соодветно.

Слика 16: Споредба на актуелните и предвидените излезни вредности од ANFIS-ар

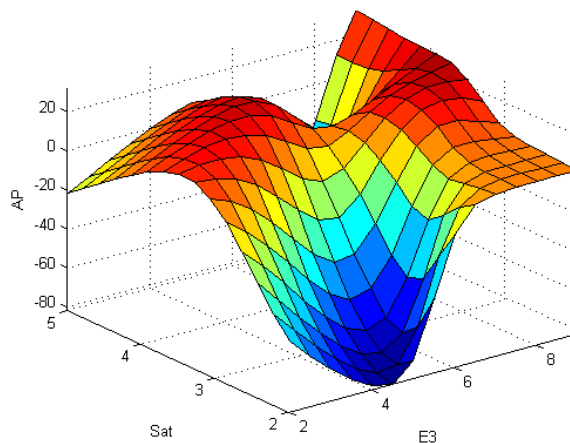


Слика 17: Споредба на актуелните и предвидените излезни вредности од ANFIS-ts

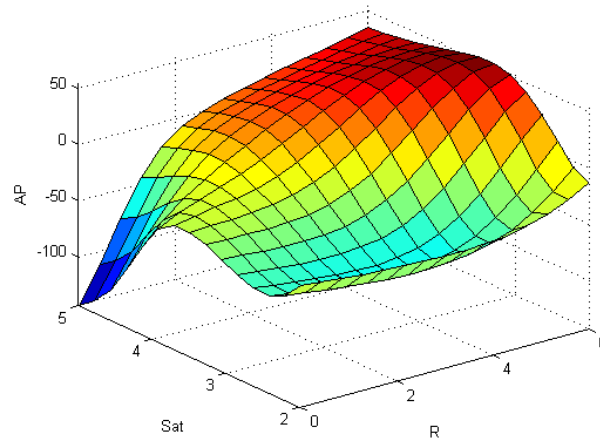


Ефектите на влезните променливи врз AP се покажани преку површините кои се даден на Сликите 18, 19 и 20. Површините се добиени така што вредностите на две променливи варираат, а останатите се држат фиксирани. Површината прикажана на Слика 18 покажува дека најдобри резултати за AP се добиваат при повисоки вредности за Sat и E3 променливите. Површините на Сликите 19 и 20 ја покажуваат разликата во AP кај Чита/Пишува и Кинетичките стилови на учење. Имено за разлика од учениците со силно изразен Чита/Пишува стил се добиени високи вредности за AP, учениците со изразен Кинетички стил на учење покажуваат помали вредности за AP, независно од карактеристиките на личноста и задоволството. Овој резултат дава индикација дека предложеното едукативно сценарио не е најсоодветно за учениците со кинетички стил на учење, и затоа е добро да се размислува за некој друг педагошки пристап кој ќе овозможи подобри резултати за овој тип на ученици.

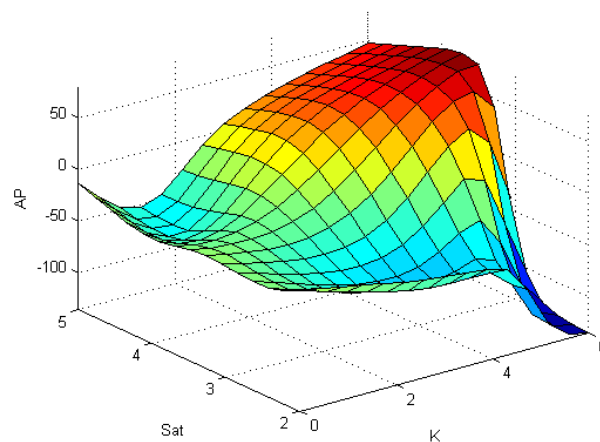
Слика 18: Ефектите на Sat и E3 врз AP



Слика 19: Ефектите на Sat и R врз AP

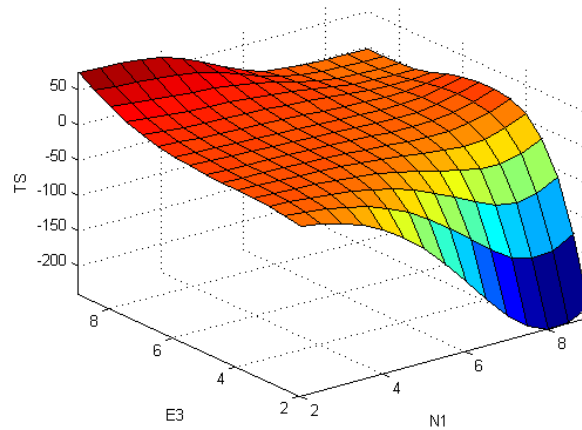


Слика 20: Ефектите на Sat и K врз AP

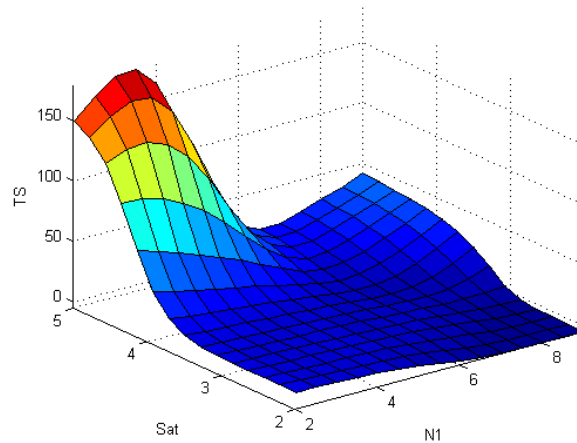


Ефектите на влезните променливи врз TS се опишани преку површините кои произлегуваат од ANFIS-ts, покажани на сликите 21, 22 и 23. Површините покажани на слика 21 и 22 покажуваат дека високите вредности на невротичност доведуваат до мали вредности во вредностите на преносливите вештини независно од другите фактори, што на некој начин претставува очекуван резултат.

Слика 21: Ефектите на N1 и E3 врз TS

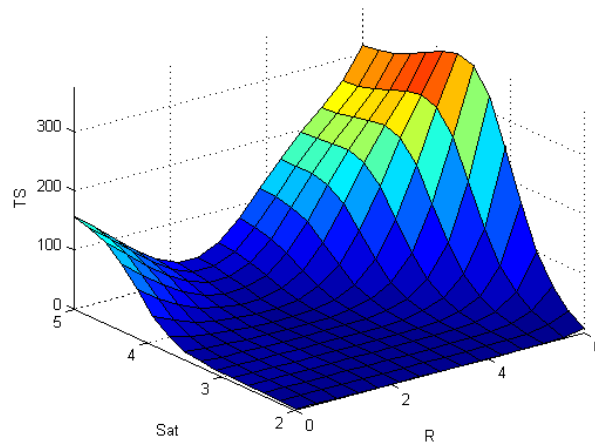


Слика 22: Ефектите на N1 и Sat врз TS

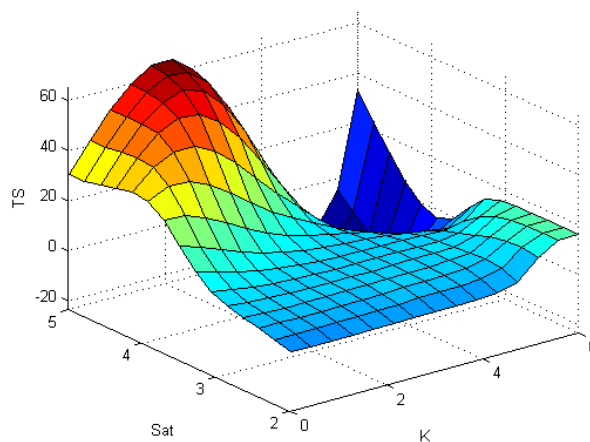


Површините на Сликите 23 и 24 ја покажуваат разликата помеѓу Чита/Пишува и Кинетичките стилови на учење. За разлика од учениците со Чита/Пишува стил на учење кои покажуваат поголеми вредности за TS кога вредностите за Sat се исто така високи, учениците со Кинетички стил на учење покажуваат ниски вредности за TS дури и кога вредностите за задоволството се високи.

Слика 23: Ефектите на Sat и R врз TS



Слика 24: Ефектите на Sat и K врз TS



7.5.5 Предвидување на образовните резултати со линеарна регресија

7.5.5.1 Дизајн на моделите со линеарна регресија

Линеарната регресија претставува статистички пристап за определување на корелацијата помеѓу влезните променливи и едукативните резултати. Со цел да ги споредиме резултатите добиени со неуро-фази и статистички техники, конструиравме две линеарни регресији со истите влезно излезни променливи како и неуро-фази моделите и тоа: LR-ар со академскиот успех како излезна променлива и LR-ts со преносливите вештини како излезна променлива. Регресионите модели со соодветните RMSE и R^2 мерки се дадени во Табела 16.

Табела 16: Моделите на линеарна регресија LR-ар и LR-ts

	LR-ар	LR-ts
Независни	N1, E3, V, A, R, K, Sat	N1, E3, V, A, R, K, Sat

променливи		
Зависна променлива	AP	TS
Регресиона равенка	$AP = a \cdot N1 + b \cdot E3 + c \cdot V + d \cdot A + e \cdot R + f \cdot K + g \cdot Sat + h$	$TS = a \cdot N1 + b \cdot E3 + c \cdot V + d \cdot A + e \cdot R + f \cdot K + g \cdot Sat + h$
F-вредност (ANOVA)	526.509	275.779
p-вредност (ANOVA)	0.000	0.000
RMSE	0.39248	0.46069
R ²	0.814	0.696

7.5.5.2 Резултати од моделите со линеарна регресија

Ефектите на независните променливи (предиктори) врз зависната променлива AP и TS, можат да се проучат преку *t*-статистиките и соодветните *p*-вредности. Нултата хипотеза тестирана со *t*-статистиката е дека регресионите коефициенти се еднакви на нула при алфа ниво од 0.05. Алтернативната хипотеза гласи дека барем еден коефициент е различен од нула. Кога регресиониот коефициент е еднаков на нула тоа значи дека соодветната променлива нема ефект врз моделот. Резултатите од регресијата се дадени во Табела 17:

Табела 17: *t*-статистика за коефициентите на LR-ap и LR-ts

Променлива	Регресионен коефициент	LR-ap			LR-ts		
		Вредност на коефициентот	t-вредност	p-вредност	Вредност на коефициентот	t-вредност	p-вредност
(Константа)	h	-0.491	-3.557	0.000	1.188	7.330	0.000
N1	a	0.004	0.505	0.614	-0.040	-3.881	0.000
E3	b	0.043	5.856	0.000	0.025	2.847	0.005
V	c	0.053	0.119	0.002	0.020	0.987	0.324
A	d	0.024	1.641	0.101	0.017	1.006	0.315
R	e	0.057	3.922	0.000	0.065	3.766	0.000
K	f	-0.017	-1.045	0.296	-0.068	-3.646	0.000
Sat	g	0.976	52.039	0.000	0.744	33.807	0.000

Резултатите покажуваат дека променливите E3, V, R и Sat имаат статистички значаен ефект врз моделот за предвидување на академскиот успех, додека па променливите N1, E3, R, K и Sat имаат статистички значаен ефект врз моделот за предвидување на преносливите вештини.

Коефициентите на Пирсоновата корелација (Pearson correlation) помеѓу карактеристиките на личноста (N1, E3), стилот на учење (V, A, R, K), задоволството и едукативните резултати (AP и TS) се дадени во Табела 18. Резултатите покажуваат дека при алфа ниво од 0.05, AP и TS се во позитивна корелација со Екстровертноста,

Задоволството како и со Визуелниот, Аудио и Чита/Пишува стил на учење, но се во негативна корелација со Невротичноста и Кинетичкиот стил на учење.

Табела 18: Корелација помеѓу карактеристиките на личноста (N1, E3), стилот на учење (V, A, R, K), задоволството (Sat) и едулативните резултати (AP и TS)

	AP /TS	N1	E3	V	A	R	K	Sat
AP /TS	1	-0.103 /-0.199	0.184 /0.160	0.056 /0.057	0.117 /0.135	0.270 /0.326	-0.429 /-0.503	0.890 /0.793
N1		1	-0.192	-0.271	-0.119	-0.008	0.340	-0.069
E3			1	0.094	0.085	-0.098	-0.153	0.107
V				1	-0.070	-0.323	-0.289	0.008
A					1	-0.267	-0.363	0.113
R						1	-0.419	0.227
K							1	-0.366
Sat								1

Резултатите покажуваат дека Задоволството (Sat) е најсилен предиктор на AP и TS во моделите на линеарна регресија. Меѓутоа Екстривертноста (E3) е исто така значаен предиктор на едукативните резултати, додека пак Невротичноста (N1) влијае врз преносливите вештини но нема значаен ефект врз академскиот успех. Корелационата матрица покажува негативна корелација помеѓу Кинетичкиот стил на учење (K) и едукативните резултати. Корелацијата помеѓу Кинетичкиот стил на учење (K) и Задоволството (Sat) е исто така негативна. Од корелационата матрица исто така се гледа дека Чита/Пишува стилот на учење има најсилна корелација со едукативните резултати и задоволството, споредено со останатите стилови на учење. Овие резултати се компатибилни со резултатите од ANFIS моделите во смисла на влијанието на различните стилови на учење врз едукативните резултати.

Линеарните регресии со сите седум независни променливи објаснуваат околу 81% од варијансата во академскиот успех (AP) и околу 69% од варијансата во преносливите вештини (TS).

7.5.6 Споредба на ANFIS моделите и моделите на линеарна регресија

Релативните грешки RMSE на регресионите модели LR-ap (0.3924) и LR-ts (0.4606), се поголеми од RMSE на соодветните науро-фази модели ANFIS-ap (0.2132) и ANFIS-ts (0.2775). Исто така и коефициентите на детерминираност R^2 на LR-ap (81%) и LR-ts (69%), се помали од R^2 на соодветните ANFIS-ap (94%) и ANFIS-ts (92%) модели. Овие резултати даваат јасна индикација дека ANFIS моделите даваат подобри перформанси на предвидување од моделите со линеарна регресија, што значи дека ANFIS е подобар избор за предвидување на едукативните резултати.

Останатите резултати од обете техники се компатибилни. Моделите конструирани со обете техники укажуваат дека задоволството е најсилниот предиктор на едукативните резултати. Екстривертноста исто така има значајно влијание врз образовните резултати, додека невротичноста има негативен ефект врз преносливите вештини, а нема значаен ефект врз академскиот успех. Што се однесува пак до различните

стилови на учење, резултатите покажуваат дека учениците со Чита/Пишува стил на учење имаат најголема корист, додека учениците со Кинетички стил на учење имаат најмала корист од едукативното сценарио предложено во оваа студија.

7.6 Дискусија и споредба со други модели познати во литературата

Релацијата помеѓу карактеристиките на личност, стилот на учење, когнитивните способности и академскиот успех се доста проучувани во литературата. Моделите кои се изградени за предвидување на академскиот успех најчесто користат техника на линеарна регресија и “моделирање со структурни равенки” (“Structured Equation Modeling”). Во студијата на Duff et al. (2004) се истражува влијанието на “Големите Пет” карактеристики на личноста, пристапите кон учењето и некои позадински променливи како возраст, пол и претходно академско постигнување врз академскиот успех. Студијата користи модел на структурни равенки со кој се покажува дека карактеристиките на личноста објаснуваат околу 43.6% од варијансата во академскиот успех, додека пак моделот на линеарна регресија во кој академскиот успех е зависна променлива додека возраста, претходното академско постигнување и димензијата Свесност од “Големите Пет” карактеристики на личноста, објаснуваат околу 24.1% од варијансата во академскиот успех. Кога сите променливи се вклучени во регресиониот модел, објаснета е околу 34.2% од варијансата во академскиот успех.

Студијата на Chamorro-Premuzic & Furnham (2008) ги вклучува во моделот и когнитивните способности како силен предиктор на академскиот успех, покрај карактеристиките на личноста и пристапот кон учењето. Моделот со сите вклучени променливи објаснува околу 40% од варијансата во академскиот успех.

Моделите презентирани во оваа теза користат техники на ANFIS и линеарна регресија за предвидување на академскиот успех и преносливите вештини од карактеристиките на личноста (невротичност и екстривертност), стилот на учење (визуелен, аудио, чита/пишува и кинетички) како и задоволството од едукативните активности. Моделите се изградени врз основа на податоците собрани во тек на студијата која е спроведена во неколку основни училишта применувајќи го мешаниот едукативен пристап опишан во оваа теза. При тоа ANFIS моделите објаснуваат околу 94% од варијансата во академскиот успех и 92% од варијансата во преносливите вештини.

Резултатите добиени во оваа студија се компетитивни со резултатите добиени во претходно објавени студии, не само во смисла на точноста на предвидување на моделите туку и заради резултатите кои се однесуваат на преносливите вештини како значаен едукативен резултат во модерните едукативни пристапи.

7.7 Ограничувања на студијата

Иако оваа студија е внимателно дизајнирана, сепак постојат неколку ограничувања. Првото ограничување се однесува на примерокот на учениците. Имено со селекција на поголем примерок со ученици од повеќе различни возрасти може да се добие подобар увид во разликите на стиловите на учење и нивната импликација врз академскиот успех. Понатаму, во студијата се земени само невротичноста и екстривертноста од карактеристики на личноста. Проширувањето со останатите карактеристики од

“Големите Пет”, како и вклучувањето на некои дополнителни конструкти како мотивација, самоконтрола и сл. може да даде дополнителни значајни информации за корелацијата помеѓу индивидуалните разлики и едукативните резултати. Понатаму, преносливите вештини се третираат како заедничка проценка на вештините на ученикот врз база на впечатокот на наставникот. Третирањето на секоја вештина поединечно, како и обезбедување на инструмент за нивно објективно мерење може да биде корисно за разбирање на релацијата помеѓу влезните конструкти и посебните вештини. На крај, мешаното едукативно сценарио може да биде проширено и адаптирано со дополнителни содржини со цел да се добијат поопшти заклучоци во различни едукативни контексти.

ГЛАВА 8

Заклучок

Во оваа теза се прикажани неколку неуро-фази модели за предвидување на Квалитетот на Искуство како и на едукативните резултати изразени како академски успех и преносливи вештини, во едно мешано едукативно сценарио во кое часовите се изведуваат со учење преку игри и технолошки надополнети со видеоконференции и снимени видео лекции. При тоа се истражени мноштво на фактори кои влијаат врз перцепираниот Квалитет на Искуство, со цел да конструираме модел во кој ќе се вклучат објективните фактори кои зависат од користената технологија, како и субјективните фактори кои се однесуваат на индивидуалните афинитети и очекувања на учениците. Резултатите од ова истражување покажуваат дека во контролирана мрежна околина, воочениот Квалитет на Искуство најмногу зависи од факторите од субјективна природа определени преку карактеристиките на личноста и стилот на учење. Влијанието на користената технологија најмногу се огледува преку варијациите на каснење на пакетите на мрежата. Иако основна детерминанта на Квалитетот на Искуство во предложениот модел е субјективната перцепција, сепак со овој модел е надмината малата ефикасност на моделите кои се базираат на МОС проценката, обезбедувајќи априори предвидување на задоволството на учениците во даден технолошки опремен едукативен контекст. ANFIS моделот за предвидување на Квалитетот на Искуство дава помала RMSE од моделот со линеарна регресија, како и задоволителна вредност од 82% за R^2 .

Покрај тоа во оваа теза се проучени влијанието на карактеристиките на личноста, стилот на учење и задоволството врз академскиот успех и преносливите вештини како образовни резултати. Конструирани се два ANFIS модели и две линеарни регресији за предвидување на академскиот успех и преносливите вештини. Добиените вредности од 94% точност на предвидување за академски успех и 92% точност на предвидување за преносливи вештини на ANFIS моделите, сугерираат дека неуро-фази моделите овозможуваат подобро предвидување на едукативните резултати споредени со статистичките модели. Имајќи ја во предвид добро проучената релација во литературата помеѓу когнитивните способности и академскиот успех, во оваа теза се истражени другите субјективни фактори кои придонесуваат кон објаснувањето на варијансата во академскиот успех и стекнатите вештини. Резултатите се добиени со евалуација и обсервација на учениците во соодветното мешано едукативно сценарио.

Во иднина резултатите од оваа студија можат да се прошират со истражување на корелацијата помеѓу Квалитетот на Искуство и едукативните резултати, со цел да се направи класификација на учениците во неколку стереотипни групи и да се обезбеди околина за учење која е најсоодветна за секој ученик и ќе придонесе за обезбедување на најоптимални едукативни резултати. Исто така во иднина моделите можат да се прошират со вклучување на поголем број на влезни променливи како предиктори на Квалитетот на Искуство и едукативните резултати, со поголем и поразновиден примерок на ученици и слично.

Имајќи ги во предвид иницијалните позитивни резултати од користењето на ANFIS техниката а моделирање на системите за предвидување на Квалитетот на Искуство и едукативните резултати, моделите можат да се прошират и со апликација во други области покрај образованието, посебно оние кои користат технологија како

видеоконференции и видео платформи. На пример, овие модели можат да се приспособат за да овозможат избор на најсоодветна платформа за тренирање и подучување на вработените сместени на повеќе различни локации во фирмите. Исто така друга област на примена може да биде давање на инструкции за онлајн сервиси или производи, така што системот би бил трениран со помош на податоци собрани од различни мрежни околии и волонтери кои би учествувале во онлајн анкети со кои би се тествале нивните карактеристики на личноста и би се собрале податоци за вооченото задоволство во различни контексти, со што би се добиле заклучоци за искуството на различни профили на корисници. Онлајн сервисите за изнајмување кои нудат електронски содржини исто така можат да имаат корист од систем со кој би се истражила перцепцијата на квалитетот од страна на нивните корисници.

Литература

- Agboma, F. & Liotta, A. (2008): QoE-aware QoS management, in *Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia*, pp. 111-116.
- Aldrich, C. 2005. Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy. In *e-Learning and Other Educational Experiences*, 400. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Allport, G. W. (1961). Pattern and growth in personality.
- Alreshoodi, M., & Woods, J. (2013). Survey on QoE\ QoS Correlation Models For Multimedia Services. arXiv preprint arXiv:1306.0221.
- Anderson, C. A., & Bushman, B. J. (2001). Effects of violent video games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behavior: A meta-analytic review of the scientific literature. *Psychological science*, 12(5), 353-359.
- Azar, A. T. (2010). Adaptive neuro-fuzzy systems. *Fuzzy systems*, 85-110.
- Baranauskas, M., Neto, N., and Borges, M. 1999. Learning at work through a multi-user synchronous simulation game. In *Proceedings of the PEG'99 Conference, Exeter, UK*, 137-144. Exeter, UK: University of Exeter.
- Barendregt W. and Bekker M.M. 2006. Developing a coding scheme for detecting usability and fun problems in computer games for young children. *Behav Res Meth* 38(3): 382–389.
- Barendregt W., Bekker M.M., and Speerstra M. 2003. Empirical evaluation of usability and fun in computer games for children. In *Proceedings of human-computer interaction INTERACT '03*, 705-708. IOP Press, Zurich.
- Bauer, J., and Kenton, J. 2005. Toward Technology Integration in the Schools: Why it isn't Happen-ing. *Journal of Technology and Teacher Education* 13(4): 519-546.
- Bauer, B., & Patrick, A. S. (2004). A human factors extension to the seven-layer OSI reference model. Retrieved January, 6, 2004.
- Bele-Potočnik, Ž., Hadžiselimović, D., & Tušak, M. (1977). HANES-Skala neuriticizma i ekstroverzije za decu i omladinu-Priručnik. Ljubljana: Zavod za produktivnost dela.
- Berenji, R.H. (1992). A reinforcement learning-based architecture for fuzzy logic control. *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 6, Issue 2.
- Biggs, J. (1987). *Student approaches to learning and studying*. Melbourne: Australian Council for Educational Research

- Biggs, J.B. and Moore, P.J. (1993). *The Process of Learning*. Sydney: Prentice-Hall Australia.
- Blake, S., Black, D., Carlson, M., Davies, E., Wang, Z., & Weiss, W. (1998). An architecture for differentiated services.
- Braden, R., Clark, D., & Shenker, S., (1994) "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633.
- Briggs, K. C. (1976). *Myers-Briggs type indicator*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Brooks, P., & Hestnes, B. (2010). User measures of quality of experience: why being objective and quantitative is important. *Network, IEEE*, 24(2), 8-13.
- Busato, V. V., Prins, F. J., Elshout, J. J., & Hamaker, C. (2000). Intellectual ability, learning style, personality, achievement motivation and academic success of psychology students in higher education. *Personality and Individual Differences*, 29(6), 1057-1068.
- Calyam, P., Chandrasekaran, P., Trueb, G., Howes, N., Ramnath, R., Yu, D., Liu, Y., Xiong, L. & Yang, D. (2012). Multi-Resolution Multimedia QoE Models for IPTV Applications, Volume 2012, Article ID 904072, 13 pages doi:10.1155/904072
- Caillois, Roger. 1957. *Les jeux et les hommes*. Gallimard.
- Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2003). Personality traits and academic examination performance. *European Journal of Personality*, 17(3), 237-250.
- Chamorro-Premuzic, T. (2007). *Personality and individual differences*. Blackwell publishing.
- Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2008). Personality, intelligence and approaches to learning as predictors of academic performance. *Personality and Individual Differences*, 44(7), 1596-1603.
- Chen, CH. 2008. Why Do Teachers Not Practice What They Believe Regarding Technology Integration? *The Journal of Educational Research* 102(1): 65–75. Heldref Publications.
- Chow, H. P. (2003). Exploring the Predictors of Educational Experience and Academic Performance among University Students in Regina. *Alberta Journal of Educational Research*, 49(1), 101-05.
- Corulla, W. J. (1990). A revised version of the psychoticism scale for children. *Personality and Individual Differences*, 11(1), 65-76.
- Costa, P. T., & McCrae, R. R. (2008). The revised neo personality inventory (neo-pi-r). *The SAGE handbook of personality theory and assessment*, 2, 179-198.
- Dib, C. Z. (1988, October). Formal, non-formal and informal education: concepts/applicability. In *Cooperative Networks in Physics Education-Conference Proceedings* (Vol. 173, pp. 300-315).
- Duff, A. (2004). The Revised Approaches to Studying Inventory (RASI) and its use in management education. *Active learning in higher education*, 5(1), 56-72.
- Duff, A., Boyle, E., Dunleavy, K., & Ferguson, J. (2004). The relationship between personality, approach to learning and academic performance. *Personality and individual differences*, 36(8), 1907-1920.
- Dunn, R. (1987). Research on instructional environments: Implications for student achievement and attitudes. *Professional School Psychology*, 2(1), 43.
- Dunn, R. S., Dunn, K. J., & Price, G. E. (1989). *Learning style inventory (LSI)*. Price Systems, Incorporated (PO Box 1818, Lawrence 66044).
- Dunn, R., Beaudry, J. S., & Klavas, A. (2002). Survey of research on learning styles. *California Journal of Science Education*, 2(2), 75-98.

- Du, H., Guo, C., Liu, Y. & Liu, Y. (2009). Research on Relationships between QoE and QoS based on BP Neural Network, *In: Proceedings of IC-NIDC 2009*, pp. 312-315.
- Egger, S., Ries, M., & Reichl, P. (2010, March). Quality-of-experience beyond MOS: experiences with a holistic user test methodology for interactive video services. In Proc. of 21st ITC Specialist Seminar, Miyazaki, Japan.
- Egenfeldt-Nielsen, S. 2007. Third generation educational use of computer games. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 16(3): 263–281.
- Eom, S. B., & Arbaugh, J. B. (Eds.). (2011). Student satisfaction and learning outcomes in e-learning: an introduction to empirical research. Information Science Reference.
- Ewell, P. T. (2001). Accreditation and Student Learning Outcomes: A Proposed Point of Departure. CHEA Occasional Paper.
- Eysenck, H. J. (1958). A short questionnaire for the measurement of two dimensions of personality. *Journal of Applied Psychology*, 42(1), 14.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7), 674-681.
- Fiedler, M., Hossfeld, T. & Tran-Gia, P. (2010). A generic quantitative relationship between quality of experience and quality of service, *IEEE Network*, vol. 24, no. 2, pp. 36–41.
- Fleming, N. D. (2006). Teaching and learning styles: VARK strategies. ND Fleming.
- Frank, P. & Incera, J. (2006). A neural network based test bed for evaluating the quality of video streams in IP networks, 0-7695-2569-5/06 © IEEE, *Proceedings of the Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA'06)*
- Furnham, A., Chamorro-Premuzic, T., & McDougall, F. (2002). Personality, cognitive ability, and beliefs about intelligence as predictors of academic performance. *Learning and Individual Differences*, 14(1), 47-64.
- Furnham, A., Jackson, C. J., & Miller, T. (1999). Personality, learning style and work performance. *Personality and Individual Differences*, 27(6), 1113-1122.
- Furnham, A., Monsen, J., & Ahmetoglu, G. (2009). Typical intellectual engagement, Big Five personality traits, approaches to learning and cognitive ability predictors of academic performance. *British Journal of Educational Psychology*, 79(4), 769-782.
- Gallo, E., & Siller, M. & John Woods, (2007), “An Ontology for the Quality of Experience Framework”. In IEEE International Conference on Systems, Montreal Canada.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33(4), 441-467.
- Giles, E., Pitre, S., & Womack, S. (2003). Multiple intelligences and learning styles. Emerging perspectives on learning, teaching, and technology.
- Glass F., Muthu G.P. (1999). Learning and individual differences: a systems approach. HERDSA Annual International Conference, Melbourne, 12-15 July.
- Grasha, A. F. (1996). Teaching with style: A practical guide to enhancing learning by understanding teaching and learning styles. Alliance Publishers.
- Griggs, S. A., & Dunn, R. (1988). High school dropouts: Do they learn differently from those who remain in school. *The Principal*, 34(1), 1-7.
- Grayson, J. P. (2004). The relationship between grades and academic program satisfaction over four years of study. *Canadian Journal of Higher Education*, 34(2), 1-34.
- Gregorc, A. F. (1979). Learning/teaching styles: Their nature and effects. *Student learning styles: Diagnosing and prescribing programs*, 19-26.
- Gurpinar, E., Alimoglu, M. K., Mamakli, S., & Aktekin, M. (2010). Can learning style predict student satisfaction with different instruction methods and academic achievement in medical education?. *Advances in Physiology Education*, 34(4), 192-196.
- Hatting, C. (2005). End-to-end qos network design. Cisco Press.

- Havice, P. A., Foxx, K. W., Davis, T. T., & Havice, W. L. (2010). The impact of rich media presentations on a distributed learning environment. *Quarterly Review of Distance Education*, 11(1), 53.
- Hawk, T. F., & Shah, A. J. (2007). Using learning style instruments to enhance student learning. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 5(1), 1-19.
- Henry, P. D. (2008). Learning Style and Learner Satisfaction in a Course Delivery Context. *International Journal of Humanities & Social Sciences*, 2(2).
International Telecommunication Union, *ITU-T IPTV Focus Group Proceedings*, 2008
- Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 23, no. 3, pp. 665–685.
- Jang, J.S.R. & Sun, C.T. (1995). Neuro-Fuzzy Modeling and Control, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 83, pp. 378-406.
- Jang, J.S.R C. & Sun, T. (1995). Neuro-fuzzy modeling and control, *in: Proceedings of the IEEE Issue Date: Mar 1995*, 378 - 406
- Jang, J. S. R., & Sun, C. T. (1996). *Neuro-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence*. Prentice-Hall, Inc..
- Jang, J. S. (1996, September). Input selection for ANFIS learning. In *Fuzzy Systems, 1996., Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. 1493-1499). IEEE.
- Juul, J. (2011). *Half-real: Video games between real rules and fictional worlds*. MIT press.
- Open and distance learning: Trends, policy and strategy considerations*. Unesco, 2002.
- Kain, D. J. (2003). Teacher-centered versus student-centered: Balancing constraint and theory in the composition classroom. *Pedagogy*, 3(1), 104-108.
- Ke, F. (2009). A qualitative meta-analysis of computer games as learning tools. *Handbook of research on effective electronic gaming in education*, 1, 1-32.
- Khan, A., Sun, L. & Ifeachor, E. (2008). An ANFIS-based Hybrid Video Quality Prediction Model for Video Streaming over Wireless Networks, in *Proc. of 2nd IEEE Conference and Exhibition on Next Generation Mobile Application, Services and Technologies*
- Khan, A., Sun, L., Jammeh, E. & Ifeachor, E. (2009). Content Classification-based and QoE-driven Video Send Bitrate Adaptation Scheme, in *Mobimedia '09 Proceedings of the 5th International ICST Mobile Multimedia Communications Conference ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering) ICST*, Brussels, Belgium
- Khan, A., Sun, L., Fajardo, J.-O., Liberal, F. & Ifeachor, E. (2010). An ANFIS-based Hybrid Quality Prediction Model for H.264 video over UMTS Networks, in *proc of IEEE CQR 8-10 june 2010*, Vancouver, Canada
- Khan, A., Sun, L., Ifeachor, E., Fajardo, J., Liberal, F. & Koumaras, H. (2010). Video Quality Prediction Models Based on Video Content Dynamics for H.264 Video over UMTS Networks, *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*.
- Kim, H. J. & Choi, S. G. (2010). A study on a QoS/QoE correlation model for QoE evaluation on IPTV service, *in Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT '10)*, pp. 1377–1382.
- Klaue, J., Rathke, B., & Wolisz, A. (2003). EvalVid - A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation, *In Proc. of the 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*

- Kohavi, R. (1995). A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection, in *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, vol. 14, pp. 1137-1145.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (Vol. 1). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kuipers, F., Kooij, R., De Vleeschauwer, D. & Brunnström, K. (2010). Techniques for Measuring Quality of Experience, in *Wired/Wireless Internet Communications, Lecture Notes in Computer Science, Volume 6074/2010*, 216-227
- Laghari, K., Khan, I. & Crespi, N. (2012). Quantitative and Qualitative Assessment of QoE for Multimedia Services in Wireless Environment, MoVid'12, North Carolina, USA
- Le Callet P, MöllerS&Perkis A. (eds). (2012) Qualinet White paper on Definitions of Quality of Experience (QoE).
- Liu, Y., & Ginther, D. (1999). Cognitive styles and distance education. *Online journal of distance learning administration*, 2(3).
- Liu, S. H., Liao, H. L., & Pratt, J. A. (2009). Impact of media richness and flow on e-learning technology acceptance. *Computers & Education*, 52(3), 599-607.
- Likert, R. (1931). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. New York: Columbia University Press.
- Lopez, D., Gonzalez, F., Bellido, L., & Alonso, A. (2006, June). Adaptive multimedia streaming over IP based on customer oriented metrics. In *Computer Networks, 2006 International Symposium on* (pp. 185-191). IEEE.
- Machado, V., Oliveira, C., Marcelino, A., Carlos, S., Vijaykumar, N. & Hirata, C. (2011). A New Proposal to Provide Estimation of QoS and QoE over WiMAX Networks, 978-1-4673-0279-1©IEEE
- Mayer, B. 2005. Game-based Learning.
- Malinovski, T., Vasileva, M., & Trajkovik, V. (2014). Integrating Computer Games in Primary Education for Increased Students' QoE. In *ICT Innovations 2013* (pp. 35-44). Springer International Publishing.
- Malone, T. W. (1980). What makes things fun to learn? A study of intrinsically motivating computer games (Doctoral dissertation, ProQuest Information & Learning).
- Malone, T. W. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction*. *Cognitive science*, 5(4), 333-369.
- Marcy, V. (2001). Adult learning styles: How the VARK Learning Styles Inventory can be used to improve student learning. *Perspectives on Physician Assistant Education*, 12(2), 117-120.
- Martínez, L. G., Rodríguez-Díaz, A., Licea, G., & Castro, J. R. (2010). Big five patterns for software engineering roles using an ANFIS learning approach with RAMSET. In *Advances in Soft Computing* (pp. 428-439). Springer Berlin Heidelberg.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. the MIT Press.
- Menkovski, V., Oredope, A., Liotta, A. & Cuadra Sánchez, A. (2009): Predicting Quality of Experience in Multimedia Streaming, in *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia*, pp. 52-59, 2009.
- Mintauckis, K. (2010). Empirical studies of Quality of Experience (QoE): A Systematic Literature Survey.
- Molenda, M. (2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance improvement*, 42(5), 34-37.

- Mustafa, S. T., & Chiang, D. (2006). Dimensions of quality in higher education: how academic performance affects university students' teacher evaluations. *Journal of American Academy of Business*, 8(1), 294-303.
- Mushtaq, M.S., Augustin, B., & Mellouk, A., (2012) "Empirical study based on machine learning approach to assess the QoS/QoE correlation", Networks and Optical Communications (NOC), 17th European Conference on, on page(s): 1 – 7 *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)* Vol.4, No.3
- Nakanishi, H., Turksen, I. B., & Sugeno, M. (1993). A review and comparison of six reasoning methods. *Fuzzy Sets and Systems*, 57(3), 257-294.
- Osguthorpe, R. T., & Graham, C. R. (2003). Blended Learning Environments: Definitions and Directions. *Quarterly Review of Distance Education*, 4(3), 227-33.
- Patrick, A. S., Singer, J., Corrie, B., Noel, S., El Khatib, K., Emond, B., ... & Marsh, S. (2004, October). A QoE sensitive architecture for advanced collaborative environments. In *Quality of Service in Heterogeneous Wired/Wireless Networks, 2004. QSHINE 2004. First International Conference on* (pp. 319-322). IEEE.
- Pawlak, Z., Grzymala-Busse, J.W., Slowiriski, R. & Ziarko, W, (1995) "Rough Sets", *Comm of the ACM*. vol.38 (11). pp. 88— 95.
- Piaget, J. (1952). Play, dreams and imitation in childhood. *Journal of Consulting Psychology*, 16(5), 413-414.
- Pivec, M., Dziabenko, O., & Schinnerl, I. 2003. Aspects of game-based learning. Paper presented at 3rd International Conference on Knowledge Management, Graz, Austria 216-225.
- Pivec, M., and Dziabenko, O. 2004. Game-based learning in universities and lifelong learning: UniGame: social skills and knowledge training. *Game Concept. Journal of Universal Computer Science* 10(1): 14-26.
- Poropat, A. E. (2009). A meta-analysis of the five-factor model of personality and academic performance. *Psychological bulletin*, 135(2), 322.
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: Digital game-based learning. *Handbook of computer game studies*, 18, 97-122.
- Price, G. E. (1980). Which learning style elements are stable and which tend to change over time. *Learning Styles Network Newsletter*, 1(3), 1.
- Quinlan, J. (1986). Induction of Decision Trees, *Machine Learning*, vol. 1, no. 1, pp. 81-106.
- Reynolds, D., Treharne, D., and Tripp, H. 2003. ICT - The Hopes and the Reality. *British Journal of Educational Technology* 34(2): 151-167
- Rosner, B. and Grove D. 1999. Use of the Mann–Whitney U-test for clustered data. *Statistics in Medicine* 18(11): 1387–1400
- Rose, C. P., & Nicholl, M. J. (1998). *Accelerated learning for the 21st century: The six-step plan to unlock your master-mind*. Random House LLC.
- Rosen, E., Viswanathan, A., & Callon, R. (2001). Multiprotocol label switching architecture.
- Royas, I.; Pomares, H.; Ortega, J.; and Prieto, A. (2000). Self-Organized Fuzzy System Generation from Training Examples, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 8, No. 1, pp.23-36.
- Samdal, O., Wold, B., & Bronis, M. (1999). Relationship between students' perceptions of school environment, their satisfaction with school and perceived academic achievement: an international study. *School Effectiveness and School Improvement*, 10(3), 296-320.
- Seng, T.L.; Khalib, M.B; and Yusof, R. (1999). Tuning of a Neuro-Fuzzy Controller by Genetic Algorithm. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics-Part B, Cybernetics*, Vol. 29, No. 2.

- Siller, M., & Woods, J. (2003, April). Improving quality of experience for multimedia services by QoS arbitration on a QoE framework. In in Proc. of the 13th Packed Video Workshop 2003.
- Squire, K. 2003. Video Games in Education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming* 2(1): 49-62.
- Schank, R. C., Berman, T. R. & Macperson, K. A. (1999). Learning by doing. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* (Vol. II) (pp. 161-181). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Skorin-Kapov L & Varela M, (2012) "A Multi-Dimensional View of QoE: the ARCU Model", *Proceedings of the 35th Jubilee International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Croatia.
- Smith, P., & Apple, D. (2007). Overview of quality learning environments. Faculty guidebook: A comprehensive tool for improving faculty performance, 311-314.
- Smola, A. J. & Schölkopf, B. (2004). A tutorial on support vector regression, *Statistics and Computing*, vol. 14, no. 3, pp. 199–222.
- Spady, W. G. (1994). Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers. American Association of School Administrators, 1801 North Moore Street, Arlington, VA 22209
- Sun, P.-C. , Tsai, R.J., Finger, G., Chen, Y.-Y. & Yeh, D. (2008). What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction, in *Journal of Computers & Education, Volume 50 Issue 4, May, 2008*, pp. 1183-1202.
- Torrente, J., Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., and Fernandez-Manjon, B. 2009. Integration and deployment of educational games in e-learning environments: the learning object model meets educational gaming. *Educational Technology & Society* 12(4): 359-371.
- Takagi, H. & Hayashi, I. (1991). NN-driven fuzzy reasoning. *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 5, Issue 3.
- Trapmann, S., Hell, B., Hirn, J. O. W., & Schuler, H. (2007). Meta-analysis of the relationship between the Big Five and academic success at university. *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, 215(2), 132-151.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). 21st century skills: Learning for life in our times. John Wiley & Sons.
- Venkataraman, M., Chatterjee, M., & Chattopadhyay, S. (2009, November). Evaluating quality of experience for streaming video in real time. In *Global Telecommunications Conference, 2009. GLOBECOM 2009. IEEE* (pp. 1-6). IEEE.
- Vallerand, R. J., Fortier, M. S., & Guay, F. (1997). Self-determination and persistence in a real-life setting: toward a motivational model of high school dropout. *Journal of Personality and Social psychology*, 72(5), 1161.
- Vasileva-Stojanovska, T., & Trajkovik, V. (2014). Modeling a Quality of Experience Aware Distance Educational System. In *ICT Innovations 2013* (pp. 45-55). Springer International Publishing.
- Von Stumm, S., Hell, B., & Chamorro-Premuzic, T. (2011). The Hungry Mind Intellectual Curiosity Is the Third Pillar of Academic Performance. *Perspectives on Psychological Science*, 6(6), 574-588.
- Von Stumm, S., & Furnham, A. F. (2012). Learning approaches: Associations with typical intellectual engagement, intelligence and the big five. *Personality and Individual Differences*, 53(5), 720-723.

- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Wittgenstein, L. 1953/2002. *Philosophical Investigations*. German text, translated and edited by Anscombe, G.E.M. Oxford: Blackwell.
- Wu, W., Arefin, A., Rivas, R., Nahrstedt, K., Sheppard, R., & Yang, Z. (2009, October). Quality of experience in distributed interactive multimedia environments: toward a theoretical framework. *In Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia* (pp. 481-490). ACM.
- Yager, R. R., & Filev, D. P. (1994). Generation of fuzzy rules by mountain clustering. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 2(3), 209-219.
- Yen, J. & Wang, L. (1999). Simplifying Fuzzy Rule-Based Models Using Orthogonal Transformation Methods. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, Vol. 29, No. 1, pp. 13-24.
- Zadeh, L. A. (1975). Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthese*, 30(3-4), 407-428.
- Zadeh, L. A. (1994). Fuzzy logic, neural networks, and soft computing. *Communications of the ACM*, 37(3), 77-84.

ДОДАТОК А

НANES-1 прашалник за определување на карактеристики на личноста

1	Пред значајни настани често имам чудно чувство во стомакот Тешко ми е да бидам вистински весел на разиграни роденденски прослави	Да	Не
2	Често размислувам и мислам за работи кои не би смеел да ги направам или да ги кажам	Да	Не
3	Сакам да сум во друштво	Да	Не
4	Чувствителен сум за некои работи На роденденски прослави, повеќе сакам да седам и да ги набљудувам другите, отколку да учествувам	Да	Не
5	Понекогаш тешко заспивам, бидејќи во глава ми се вртат многу мисли	Да	Не
6	Ми се допаѓа кога околу мене е живо и весело	Да	Не
7	Често ми е доста од се	Да	Не
8	Би бил несреќен кога ретко би бил во друштво	Да	Не
9	На училиште и дома често мечтаам	Да	Не
10	Во главно сум опуштен и добро расположен	Да	Не
11	Некои непријатни настани многу долго ме мачат	Да	Не
12	Кога сум во друштво, најчесто молчам	Да	Не
13	Ми се чини дека другите се поуспешни од мене	Да	Не
14	Често лошо сонувам	Да	Не
15	Повеќе сакам да превземам нешто сам, отколку со други Често сум вознемирен и сакам нешто да направам, но не знам точно што	Да	Не
16	Често ми требаат весели пријатели за да ме развеселат	Да	Не
17	Често сакам да доживеам нешто весело и возбудиливо	Да	Не
18	Многу ме растажува ако ми се одбие некоја молба	Да	Не
19	Често имам немирна совест	Да	Не
20	На другарите сакам да им кажувам шеги и весели приказни	Да	Не
21	Често се чувствувам заморен и малаксан, без посебна причина	Да	Не
22	Обично ризикувам и кога имам мала шанса за успех	Да	Не
23	Често нешто ме боли	Да	Не
24	Доста сум жив, активен	Да	Не
25	Често се чувствувам осамен	Да	Не
26	Често сум расположен да се пошегувам	Да	Не
27	Мислам дека во себе сум немирен и чувствителен	Да	Не
28	Сакам да учествувам во диви и груби игри	Да	Не
29			
30			
31			

32	Секоја забелешка која се однесува на мене или мојата работа многу ме погодува	Да	Не
33	Сметам дека сум весел и безгрижен	Да	Не
34	Навечер тешко заспивам	Да	Не
35	Лесно ми успева да развеселам некоја досадна роденденска забава	Да	Не
36	Понекогаш бргу се задишувам иако пред тоа не сум работел ништо тешко	Да	Не

HANES-2 прашалник за определување на карактеристики на личноста

1	Кога ќе направам нешто важно, често ми се чини дека сум можел и подобро	Да	Не
2	Често размислувам за досегашниот живот	Да	Не
3	Пред јадење секогаш ги мијам рацете	Да	Не
4	Понекогаш сум многу немирен и неможам да седам мирно подолго време	Да	Не
5	Често сум замислен	Да	Не
6	Понекогаш зборувам лошо за другите	Да	Не
7	Загрижен сум да не се случи нешто страшно	Да	Не
8	Се вознемирувам кога треба да разговарам со некој непознат кој не ми е симпатичен	Да	Не
9	Секогаш јадам се што ќе се изнесе на маса	Да	Не
10	Често се случува да се чувствувам малку навреден	Да	Не
11	Кога ќе се засрамам, долго се лутам на себеси	Да	Не
12	Веднаш го правам тоа што ќе ми се каже	Да	Не
13	Често сум лошо расположен	Да	Не
14	Понекогаш сакам да се правам важен	Да	Не
15	Навечер тешко заспивам ако пред тоа сум се лутел за нешто	Да	Не
16	Секогаш се однесувам убаво, пе не може никој да ми приговори	Да	Не
17	Често имам потешкотија со својата непромисленост	Да	Не
18	На царина би пријавил се', дури и ако сум сигурен дека нема да ме контролираат	Да	Не
19	Понекогаш се чувствувам несреќно без посебна причина	Да	Не
20	Сум бил безобразен со своите родители	Да	Не
21	Понекогаш без причина сум весел, а потоа пак сум тажен	Да	Не
22	Загрижен сум за своето здравје	Да	Не
23	Понекогаш одлагам за утре тоа што би можел да го направам денеска	Да	Не
24	Лесно се збунувам	Да	Не
25	Понекогаш ми се чини дека не вреди да се живее	Да	Не
26	Понекогаш каснам во училиште или на состанок	Да	Не
27	Често без причина се чувствувам уморен	Да	Не
28	На писмо одговарам веднаш штом го прочитам	Да	Не
29	Понекогаш сосема изненадно почнувам да треперам	Да	Не
30	Понекогаш знам да излажам	Да	Не
31	Често имам главоболки	Да	Не
32	Мислам дека сум нервозен	Да	Не

ДОДАТОК Б

VARK прашалник за одредување на стилот на учење

Како најдобро учам?

Заокружи го одговорот кој најмногу ти одговара на прашањето. Ако сакаш можеш да заокружиш и повеќе одговори на исто прашање. Ако за некое прашање ниеден одговор не ти се допаѓа, не мора да заокружиш ниеден одговор за тоа прашање.

- 1. Најмногу ми се допаѓа кога на интернет:**
 - a) можам да кликам, да поместувам и активирам работи
 - b) да слушам музика, учествувам на форуми и дискусии кои ме интересираат
 - c) кога читам некои интересни информации
 - d) кога има интересни слики и дизајн
- 2. Кога не сум сигурен како се пишува некој збор, на пример дали се пишува "автомобил" или "афтомобил", тогаш:**
 - a) пробувам да се сетам каде сум го видел зборот напишан
 - b) пробувам да го кажам на глас или да се преслушам како звучи зборот
 - c) барам во книга или речник да видам како се пишува
 - d) ги пишувам на лист и двата збора па одлучувам како е правилно
- 3. Сакам да направам изненадување за некој другар. Што би направил?**
 - a) Само би ги викнал другите другари за да го изненадиме
 - b) Однопред планирам како да го направиме изненадувањето
 - c) Им кажувам кој што да направи за изненадувањето
 - d) Им се јавувам на другите другари за да се договориме како да го направиме изненадувањето
- 4. Сакам да направам нешто убаво за некој од мојата фамилија. Што би направил?**
 - a) Ќе направам нешто што веќе претходно сум го правел
 - b) Ќе ги прашам другарите за совет
 - c) Ќе побарам идеи по весници или по интернет
 - d) Ќе побарам скици или упатства како да го направам тоа што го замислив
- 5. Избран си во твоето одделение да бидеш одговорен за активностите на екскурзија. Како ќе им објасниш на твоите другари што ќе правите на екскурзија?**
 - a) Ќе им раскажеш каде ќе одите и што треба да правите
 - b) Ќе им покажеш мапа и слики од местата каде што ќе одите
 - c) Ќе им кажеш да вежбате што ќе правите на екскурзијата
 - d) Ќе го напишеш планот на лист и ќе им го дадеш да го разгледаат
- 6. Сакаш нов мобилен телефон или пак дигитален апарат. Како ќе одлучиш каков модел сакаш?**
 - a) Сакаш да ги пробаш тие што ги има во продавница или пак од другарите

- b) Сакаш да прочиташ за неговите опции и можности
 - c) Сакаш да е последен модел и да изгледа убаво
 - d) Сакаш продавачот да ти каже каков е најдобро да купиш
- 7. Како најдобро учиш да играш нова компјутерска игра?**
- a) Сакаш да гледаш како други ја играат
 - b) Сакаш некој да ти објасни како се игра и ти да го прашуваш
 - c) Сакаш да гледаш демо и инструкции за играта
 - d) Сакаш да прочиташ како се игра
- 8. Треба да прочиташ книга и да им објасниш на другарите што се случува во неа. Како најдобро би им објаснил?**
- a) Ќе напишеш накратко неколку реченици
 - b) Ќе одглумиш некоја сцена
 - c) Ќе нацрташ како замислуваш некоја случка
 - d) Ќе им прочиташ дел од книгата
- 9. Имаш нов компјутер и треба да ги поврзаш сите кабли и да го вклучиш. Како ќе го направиш тоа?**
- a) Ќе прочиташ во инструкциите што доаѓаат со него
 - b) Ќе прашаш некој другар што знае како се поврзува
 - c) Ќе пробаш сам да го поврзаш
 - d) Ќе побараш скица или цртеж со инструкции како се поврзуваат деловите
- 10. Како ќе објасниш каде живее твојот најдобар другар?**
- a) Ќе одиш да му покажеш на тој што прашува
 - b) Ќе нацрташ на хартија
 - c) Ќе напишеш со зборови на хартија
 - d) Ќе раскажеш усно како да стигне до таму
- 11. Те боли коленото и би сакал лекарот да ти објасни зошто те боли. Како сакаш да ти објасни?**
- a) Да ти нацрта кој дел од коленото и зошто те боли
 - b) Да ти даде кратка брошура каде е напишано зошто боли коленото
 - c) Да ти објасни зошто те боли
 - d) Да ти покаже директно на коленото каде и зошто боли
- 12. Како ќе одлучиш дали да гледаш некој нов филм?**
- a) Разговараш со другарите
 - b) Читаш за филмот во весник или на интернет
 - c) Сакаш да видиш накратко неколку сцени од филмот
 - d) Прашуваш дали е сличен со други филмови кои ти се допаѓаат
- 13. Што најмногу сакаш да користи наставникот на час?**
- a) Да покажува практично за тоа што го учиме
 - b) Да разговараме и да прашуваме за тоа што го учиме
 - c) Сакам да учам од книга и од вежби
 - d) Сакам да учам од цртежи, скици и мапи

- 14. Како сакаш да научиш да сликаш и снимаш видео со некој апарат или мобилен телефон?**
- a) Да видиш веќе снимени слики со него, и да видиш кои се добри а кои не
 - b) Сакаш да прочиташ упатство како се слика со него
 - c) Сакаш да поразговараш со некој кој веќе сликал со него и да прашаш што те интересира
 - d) Сакаш да видиш нацртано упатство и скица како се користи апаратот
- 15. Си учествувал на натпревар и сакаш да прашаш за мислење за твојот настап? Како ќе го направиш тоа?**
- a) Сакаш да знаеш конкретни примери што си направил
 - b) Сакаш да разговараш со некој за твојот настап
 - c) Сакаш да видиш табела со резултати
 - d) Сакаш да видиш графици со резултати
- 16. Треба да ги кажеш твоите идеи пред другите во одделението. Како ќе го направиш тоа?**
- a) Сакам да нацртам и така да објаснам тоа што сакам да го кажам
 - e) Сакам да си напишам неколку зборови за потсетување и потоа да вежбам што да кажам пред другите
 - f) Сакам да напишам написмено и да прочитам пред одделението
 - g) Сакам да раскажам преку примери и приказни за да ме разберат