

**Петър Михайлов Халачев**

**ОЦЕНЯВАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА  
ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ  
ВЪВ ВИСШЕТО ОБРАЗОВАНИЕ ЧРЕЗ БАЛАНСИРАНА  
СИСТЕМА ОТ ПОКАЗАТЕЛИ И НЕВРОННИ МРЕЖИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на  
образователна и научна степен “Доктор”  
научна специалност: 01.01.12 “Информатика”  
професионално направление 4.6. “Информатика и компютърни науки”

Научен ръководител: Доц. д-р Иван Мустакеров

София, 2012 г.

Дисертационният труд е обсъден и допуснат до защита на разширено заседание на секция “Информационни процеси и системи” при ИИКТ – БАН на 12.06.2012 г.

Данни за дисертационния труд:

- брой страници – 141,
- брой фигури – 29,
- брой таблици – 42,
- брой литературни източници – 155,
- брой публикации по темата на дисертацията – 10.

Защитата на дисертационният труд ще се състои на ..... 2012 г.  
от ..... часа в зала ..... на ИИКТ-БАН на открито заседание на жури  
в състав:

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

Автор: *Петър Михайлов Халачев*

Заглавие: *Оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение във висшето образование чрез балансирана система от показатели и невронни мрежи*

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в канцеларията на Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН, София –1113, ул. “Акад. Г. Бончев”, бл. 25А, ст. 215.

## **УВОД**

Днес, промените настъпващи в обществото поставят глобални предизвикателства пред човечеството. Нивото на професионални знания и умения изостава от темпа на развитие на научно-техническия прогрес. Увеличава се значението на инвестициите в образование по целия свят.

От гледна точка на образователните институции средствата, инвестирани в повишаване на ефективността на обучението, се възвръщат под формата на увеличаване на приходите, подобряване на имиджа в обществото, и като цяло, повишаване на конкурентоспособността на пазара на образователни услуги.

В съвременните условия се променят същността, ролята, методите и технологиите на обучение във висшите училища. Нови електронни форми на обучение изместват традиционните. Естествено възниква въпросът: как да се оцени и прогнозира ефективността на електронното обучение? От тази гледна точка разработването и прилагането на математически модели, които да позволяват да се оцени ефективността от дейността на образователна организация, използваща електронна форма на обучение, става все по-актуално.

**Цел** на настоящия дисертационен труд е да се разработят модели за оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение във висшето образование и съответни алгоритми за приложението им.

За постигане на целта е необходимо да се решат следните **задачи**:

1. Да се направи преглед и анализ на съществуващите модели и стратегически подходи, които се прилагат за оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение.
2. Да се разработи модел на базата на балансирана система от показатели, като се предложат подходящи показатели за количествена оценка на ефективността на електронното обучение и да се състави подходящ алгоритъм за приложение във висшите училища.
3. Да се предложи модел на подходяща структура на невронна мрежа за прогнозиране на ефективността на електронното обучение, както и съответен алгоритъм за изграждане на невронна мрежа, работоспособен при малки извадки от данни.

Дисертационният труд се състои от 3 глави и заключение. В **Глава 1** е направен анализ на съвременните модели и подходи за оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение и са определени

перспективните изследователски направления в тази област. В **Глава 2** е разработен модел на балансирана система от показатели за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование и е предложен алгоритъм за приложение. Чрез SWOT анализ са определени предимствата и недостатъците на използването на BSC за оценка ефективността на ЕО във висше училище. Разработени са модели за оценка на съществени показатели на ефективност на електронното обучение. Описано е експериментално приложение на балансирана система от показатели за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование. В **Глава 3** е разработен модел, използващ неврона структура за прогнозиране на ефективността на електронното обучение. На базата на реални данни е проведено експериментално изследване на възможността за прогнозиране на показателите за ефективност на електронното обучение чрез предложения модел на структура на невронна мрежа.

Номерирането на формулите, таблиците и фигурите в автореферата е идентично с това в дисертационния труд.

## **ГЛАВА I: АНАЛИЗ НА ОЦЕНЯВАНЕТО И ПРОГНОЗИРАНЕТО НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ВЪВ ВИШЕТО ОБРАЗОВАНИЕ**

Електронното обучение е процес на придобиване на знания и умения, включващо приложение на комуникационни и информационни технологии. Целта е да се осигури достъп до обучаващи ресурси по електронен път по всяко време, от всяко място и за всички обучавани.

Все по-широкото приложение на електронно обучение във висшите училища поставя въпроса за оценяване и прогнозиране на ефективността му. Най-общо ефективността се разглежда като основна характеристика на функциониране на системата на електронно обучение. Ефективността на електронното обучение се определя чрез степента на съответствие между поставените цели и постигнатите резултати от приложението му във висшето училище. Ефективността се разглежда и като вътрешна за процеса на обучение и като външна, от гледна точка на реализацията на завършилите студенти на пазара на труда.

Върху ефективността на електронното обучение влияят фактори, свързани с размера на инвестициите, прилаганите технологии, мотивация и опит на участниците. За оценяване на влиянието им са необходими точни и надеждни количествени и качествени показатели.

За комплексно оценяване на ефективността на електронното обучение са необходими показатели, които отразяват ефективността както на

дейността на образователната институция (приходи и разходи, организация на образователния процес, професионално и квалификационно равнище на преподавателския състав), така и показатели, отразяващи резултатите от процеса на обучение (успех на випускниците, относителен дял на завършилите в срок и трудовата им реализация). Комплексното изследване на зависимостите между показателите за ефективност на образователния процес и резултатите от процеса на обучение ще доведе до оценяване и повишаване на ефективността на електронното обучение, както от гледна точка на настоящия момент, така и в бъдеще. За висшето образование съществено значение има оценяването на резултатите от обучението.

Оценяването на ефективността на електронното обучение е свързано и с оценка на качеството му. Качеството на електронното обучение се характеризира със способността му да отговори на очакванията на потребителите. Ефективността на електронното обучение показва степента на постигане на целите на образователния процес при отчитане на резултатите и изразходваните време, материални и трудови ресурси. Резултатните показатели от електронното обучение зависят от качеството на подготовката на специалистите, от прилаганите технологии и средства за обучение, от квалификацията на преподавателите и от организацията на учебния процес.

За оценяване на качеството на електронното обучение се прилагат стандарти като ISO/IEC 19796-1, ISO 9126, ISO 25000 и др. Наборът от технически стандарти за електронно обучение (SCORM) определя как on-line учебното съдържание комуникира със системите за управление на съдържанието (LMSs) и е широко използван при създаването на програмни системи за електронно обучение. Използването на всички стандарти увеличава броя на показателите, който лесно може да надхвърли 2000, което прави оценяването на качеството на електронното обучение изключително трудоемко и скъпоструващо.

Широко известни и прилагани са моделите за оценяване на ефективността на електронното обучение на Kirkpatrick, Holton, Khan, Rosenberg, моделът CIPP (Context input process product evaluation) на Stufflebeam и Shinkfield. Посочените модели отразяват в голяма степен ключови аспекти на оценяването на ефективността на електронното обучение: финансова възвръщаемост на инвестициите, удовлетворяване на потребностите на обучаваните, качество и скорост на обучение, но не способстват за разкриване на влиянието на показателите за ефективност на електронното обучение върху резултатните показатели. Моделът на Holton е предназначен за оценяване на електронното обучение в бизнеса и показателите в него не са напълно приложими към висшето образование. Само някои от посочените модели (Rosenberg и Scriven) позволяват

отчитане на неудовлетворителните характеристики на електронното обучение и открояване на причините за това. Ето защо за оценяване на ефективността на електронното обучение е необходимо прилагане на комплексни стратегически управленски подходи, които позволяват след оценяване на показателите за ефективност да се приложат съответни мерки за отстраняване на слабостите и пропуските в приложението на електронното обучение в обучаващата институция. Един подход за оценяване на ефективността на електронното обучение, позволяващ на обучаващата институция да реализира успешна стратегия, е създадената от Robert Kaplan и David Norton „балансирана система от показатели” (Balanced ScoreCard – BSC). Една от основните идеи в BSC е идеята за измеримост. Всички фактори, които са важни за управлението на организацията трябва да се измерят и представят във вид на показатели. Основната идея на концепцията е „Ако нещо не може да се измери, то не може да се управлява”.

В резултат на направеното проучване, анализ и оценка на различни управленски подходи е избрана BSC, като система от взаимосвързани перспективи, цели и показатели, отразяващи състоянието на основните направления на процеса на обучение и позволяваща да се установят и отстранят причините за несъответствие в процесите, протичащи в образователната институция.

В дисертационния труд при създаването на модел и алгоритъм за приложение на BSC за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование са отчетени следните обстоятелства:

- спецификата на приложение на BSC при оценяване на ефективността на електронното обучение е аналогична на модела на Kaplan и Norton по отношение избора на перспективите и йерархията им в стратегическата карта;
- необходимостта от модифициране на стратегическите цели и на ключовите показатели, с цел отразяване спецификата на образователната институция;
- оценката на показателите за ефективност и определяне на целеви стойности позволява използването им за подобряване на резултатите от електронното обучение.

Успешната реализация на висшите училища на пазара на образователните услуги зависи от степента на постигане на поставените цели. Висшите учебни заведения функционират в сложна и постоянно променяща се среда и е трудно да се предвиди влиянието на множеството външни и вътрешни фактори върху дейността им. Организацията и управлението на процесите, протичащи във висшето образование при приложението на електронно обучение са свързани с вземане на решения. Възможността да се прогнозира определени резултати на управленския

процес преди вземане на решение, позволява да се направи максимално добър избор между различни алтернативи на електронно обучение. За тази цел е необходимо извършване на прогнозиране на ефективността на електронното обучение. Това прогнозиране намалява риска от грешка при вземане на управленски решения.

За прогнозиране на ефективността на електронното обучение се прилагат различни методи – екстраполация, метод на експертни оценки, метод на сравнение, математическо моделиране. Посочените статистически и математически методи се прилагат за оценяване и разкриване на взаимовръзката между отделни частни аспекти на ефективността на електронното обучение – вероятност за отпадане на студенти от обучение; анализ на успеха на студенти; сравняване на качеството на учебните материали по отделни дисциплини. Гореизброените методи не могат да служат като инструмент за разкриване на устойчиви зависимости между резултатите от обучението и показателите за ефективност от BSC. Функционалната зависимост между показателите от BSC и резултатните показатели от електронното обучение може да се оцени чрез подходи, които позволяват моделиране на зависимости между голям брой променливи, при отчитане на влиянието на множество фактори върху приложението на електронното обучение. Един разпространен подход за прогнозиране и управление на различни обществени системи се базира на използването на невронни мрежи (НМ). НМ са подходящи за решаване на такива задачи, тъй като позволяват да се апроксимират сложни и нелинейни зависимости. За решаването на приложни задачи, НМ трябва предварително да се обучат. Процесът на обучение наподобява натрупването на опит и е от съществено значение за подобряването на работата им.

Върху оценяването на ефективността на електронното обучение влияят голям брой разнообразни фактори и за отчитане на влиянието им е необходим голям набор от показатели. Оценяването на тези показатели, позволяват да се установят и съществуващи пропуски в процеса на електронно обучение. Степента на постигане на стратегическите цели на електронното обучение може да се оцени с т. нар. резултатни показатели.

В резултат на направения анализ за оценяване ефективността на електронното обучение е избран подхода на BSC в комбинация със специфични за електронното обучение във висшите училища, резултатни показатели.

За изготвяне на прогноза на резултатните показатели за ефективност на електронното обучение на основата на показатели от BSC е избран апарата на невронните мрежи, поради способността му да апроксимира съществуващите в процеса на електронното обучение сложни нелинейни зависимости.

## ГЛАВА II: ОЦЕНЯВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ЧРЕЗ БАЛАНСИРАНА СИСТЕМА ОТ ПОКАЗАТЕЛИ

В настоящата глава е разработен модел на BSC за висше училище с електронно обучение. Моделът включва определяне на следните компоненти:

- мисия, стратегически приоритети, перспективи и цели на образователната институция;
- стратегическа карта на BSC;
- показатели за оценяване на ефективността на ЕО;
- резултатни показатели за ефективност на ЕО.

Една от предпоставките за успешното развитие на висшите училища, които използват електронно обучение е определянето на **мисията**. Разработването на балансирана система от показатели (BSC) е невъзможно без ясно разбиране за мисията, изискванията и ограниченията, възможните и невъзможни насоки на развитие, както и за поставената стратегия и дългосрочни цели. Мисията на висше училище с електронно обучение може да бъде определена като *привличане и подготвяне на висококвалифицирани и конкурентоспособни кадри, както и пълноценното използване на възможностите на съвременните информационни и комуникационни технологии*. На основа на декларираната мисия се определят основните **стратегически приоритети**: *високо равнище на образователния процес, развитие и приложение на съвременни информационни технологии*.

Следващата стъпка, след определянето на мисията и стратегическите приоритети, е формулирането на **перспективи**, съставляващи стратегическата карта на BSC на висшето училище. Перспективите на BSC за оценяване на ефективността на с електронно обучение са в съответствие с мисията, стратегията и особеностите на функционирането на висшето училище.

В съответствие с класическата стратегическа карта на Kaplan и Norton и специфичните особености на обучението на магистри във висше училище с електронно обучение, в настоящия дисертационен труд са определени следните 4 перспективи:

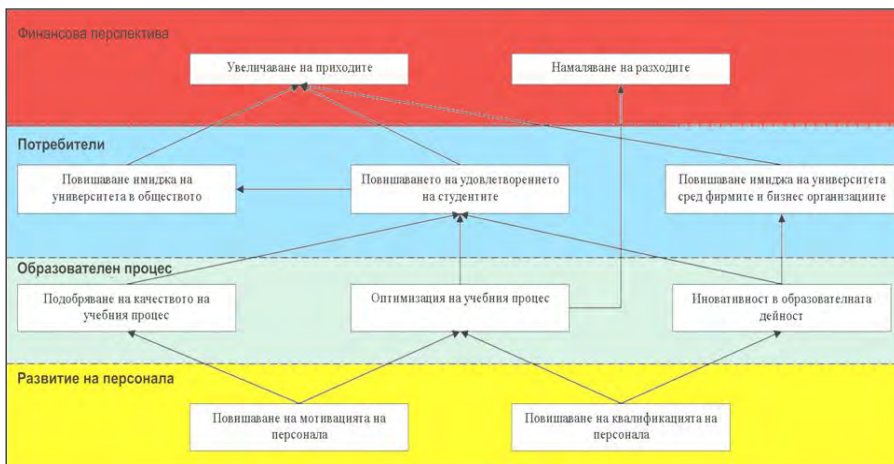
1. Финанси;
2. Потребители;
3. Образователен процес;
4. Развитие на персонала.



Тези четири перспективи на BSC са в причинно-следствена връзка помежду си. Ефективното използване на човешките ресурси допринася за подобряване на стойностите на показателите от перспективата „Образователен процес“, което на свой ред води до признание на образователната институция от потребители и инвеститори, а крайният резултат е подобряване на финансовите ѝ показатели. В йерархията на перспективите „Финанси“, „Потребители“, „Образователен процес“ и „Развитие на персонала“ са определени цели, които способстват за реализация на мисията и стратегията на висше училище.

Причинно-следствените връзки визуализират взаимовръзката и зависимостта между перспективите и целите в стратегическата карта. Стратегическата карта на целите, известна още под наименованието „дърво на целите“ е построена на принципа „ако-то“ и позволява по пътя на графично представяне да се ускори и опрости оценката и анализа на процесите в образователната институция при вземане на управленски решения.

На Фиг. 2.2 е показана разработена стратегическа карта на целите на висше училище с електронно обучение, в съответствие с йерархията на отделните перспективи на BSC.



Фиг. 2.2. Примерна стратегическа карта на целите на висше училище с електронно обучение

Основни компоненти на BSC са показателите за ефективност (KPI – Key Performance Indicator). Те служат за оценяване на ефективността от дейността на висшето училище и са обвързани със стратегията, целите и

задачите, поставени пред него. КРІ са количествени или качествени показатели, които показват степента на достигане на тактическите и на стратегическите цели на организацията.

В настоящия дисертационен труд за оценяване на ефективността на електронното обучение във висше училище са предложени описаните в Таблица 2.1 перспективи, цели и показатели.

	<b>Цел</b>	<b>Показател</b>	
Финансова перспектива	Увеличаване на приходите	Приходи от студентски такси	
		Приходи от научни проекти	
		Приходи от спонсори	
	Намаляване на разходите	Приходи от продажба на електронни учебни материали	
		Разходи за разработка на 1 електронен курс	
		Разходи за амортизация на ДМА и ДНА	
Погребители	Увеличаване имиджа на ВУ с ЕО в обществото.	Разходи за заплати и осигуровки на персонала	
		Кандидати за 1 място	
	Увеличаване на удовлетворението на студентите	Среден входящ успех на кандидатите за магистри	
		% студенти, удовлетворени от обучението си	
	Увеличаване имиджа на висшето училище сред фирмите и бизнес организацията		% студентите с поети такси/стипендии от бизнеса
Образователен процес	Подобряване на качеството на учебния процес	Средно време прекарано от 1 студент в ЕО	
		Брой проведени тестове в 1 дисциплина	
		Степен на интерактивност на учебните курсове	
		Часове, прекарани в традиционни срещи между участниците	
	Оптимизиране на учебния процес	Студенти, обучавани от 1 преподавател	
	Иновативност в учебния процес	Брой нови специалности	
Брой нови електронни курсове			
Брой обновени електронни курсове			
Персонал	Мотивация на персонала	% преподаватели, удовлетворени от учебния процес	
	Квалификация на персонала	Публикации средно на 1 преподавател	
		Участия в конференции средно на 1 преподавател	
		Брой преподаватели защитили научна степен Доктор/Доктор на науките	
		Брой хабилитации	
		Брой конференции, организирани във връзка с ЕО	

*Таблица 2.1. Перспективи, цели и показатели на BSC за висше училище с електронно обучение*

Заедно с тях се въвеждат и т. нар. *резултатни показатели*, които отразяват крайните резултати от процеса на обучение и отчитат степента на постигане на набелязаните от обучаващата организация цели. Резултатните показатели показват състоянието на процеса на електронно обучение на изхода на системата в зависимост от ефективността на работата на обучаващата организация, а именно: успех на студентите, реализация и конкурентоспособност на пазара на труда. Отчитането на зависимостта между показателите от BSC и резултатните показатели може да позволи да се настроят процесите на организация и управление на електронното обучение, на дейността на преподавателския и административния състав, на финансовото и учебно-методическото осигуряване така, че в резултат да се получат максимално високо равнище на знания и успешна трудова реализация на випускниците.

За оценяване на постигнатите резултати от електронното обучение в настоящия дисертационен труд са предложени следните резултатни показатели:

- среден успех на студентите – стойността му може да служи за сравняване на успеха на студентите, както в различни специалности и висши училища, така и за отделни години;
- коефициент на успеваемост – относителен дял на броя на завършилите студенти към броя на записалите се. За студентите, обучаващи се електронно е характерен високият относителен дял на отпадащите и оценяването и мониторинга на този показател способства за повишаване на ефективността на обучението;
- брой продължили следваща степен на обучение „доктор”. Повишаване на този показател доказва ефективността на електронното обучение;
- относителен дял на работещи по специалността към общ брой завършили студенти. Високият процент на професионална реализация показва, че финансовата инвестиция на студентите в обучението им е обезпечена от придобити конкурентни знания и умения.

Чрез прогнозиране на резултатните показатели на основата на стойностите на показателите за ефективност от BSC може да се докаже взаимовръзката между тях, а именно: подобряването на аспекти като финансово обезпечаване, организация на учебния процес, квалификация и

развитие на персонала водят до повишаване на резултатите от образователния процес.

С цел мониторинг на резултатните показатели могат да се използват BSC карти, на които се отчитат текущите и целевите им стойности. Обучаващата институция може да влияе върху стойностите на тези показатели чрез набелязване на подходящи мероприятия за това.

Важно значение при оценяване на ефективността на електронното обучение имат разходите за създаване на електронни учебни материали. При електронното обучение са необходими учебни материали с високо качество и интерактивност, тъй като те се ползват от голям брой студенти и обучението може да се осъществява самостоятелно, без присъствието на преподавател. Разходите за проектиране, разработване и внедряване на електронни курсове са с висока стойност.

В настоящия дисертационен труд са предложени два модела за оценяване на показателя „време за разработване на електронни учебни материали“. Прогнозирането на този показател може да доведе до прилагане на мероприятия за намаляване на разходите на време за изработване на качествени електронни курсове и от там за повишаване на ефективността на електронното обучение. При разработването на моделите се приема, че времето за разработване на бъдещ курс може да се определи в съответствие с тенденциите и закономерностите, установени в минал период. В процеса на проектиране и разработване на електронен курс влияят множество фактори, като: квалификация и опит на изпълнителите, степен на интерактивност, продължителност на курса и др. Основната идея на първия модел се базира на използването на класическата зависимост на еднофакторния регресионен анализ:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \quad (2.2)$$

където  $y$  е зависимата променлива,  $x$  е независимата променлива,  $\alpha$  е постоянен коефициент,  $\beta$  е коефициент на променливата  $x$  и  $\varepsilon$  е коефициент на влиянието на различни външни фактори (коефициент на „шума“). Приложимостта на модела е илюстрирана с числен пример.

Russel и Карп предлагат модел, който включва показателите “опит на изпълнителя”, “сложност на проекта”, “външни фактори” и “степен на интерактивност на курса”.

В настоящия дисертационен труд към модела на Карр се въвеждат допълнителни нормирани тегловни коефициенти за всички показатели, със стойности в диапазона от 0 до 1:

- опит на изпълнителя, разработващ курса ( $t$ ), за който се приема, че ако изпълнителят има над 5 години опит  $t = 0$ , а ако опитът му е до 1 година  $t = 1$ ;
- сложност на курса и брой участници в него ( $l$ ) – този показател отчита сложността на курса за електронно обучение, а също и допълнителните загуби на време, свързани с организационни въпроси и общуване между участниците. Приема се, че колкото повече хора работят при създаването на курса, толкова е по-високо нивото на сложност – когато колектива е от 1 човек – нивото на сложност е ниско и  $l = 0$ , а при колективи от 10 и повече човека се приема, че сложността е висока и  $l = 1$ ;
- външни фактори ( $m$ ) – те не са пряко свързани с работата по курса, но влияят върху времето за разработването му – например, време за проверка на електронна поща, телефонни разговори, отсъствия и др. Приема се, че при слабо влияещи външни фактори  $m = 0$ , а при силно влияние  $m = 1$ ;
- степен на интерактивност ( $n$ ) – в най-простите случаи интерактивност не съществува – обучаващите не влияят върху информацията на компютърния екран. Въвеждането на интерактивност увеличава времето, необходимо за създаване на курс. При наличие на висока степен на интерактивност (напр. аудио- и видео-комуникация с преподавателя в реално време) времето за разработка на електронен курс може да се увеличи повече от 3 пъти спрямо времето за разработване на курс без интерактивност. При липса на интерактивност  $n = 0$  и при пълна интерактивност  $n = 1$ .

Стойностите на използваните показатели  $t$ ,  $l$ ,  $m$ ,  $n$  и съответните им тегловни коефициенти  $k_t$ ,  $k_l$ ,  $k_m$  и  $k_n$  (определени на базата на емпирични данни и данни от литературни източници) са показани в Таблица 2.6.

Показател	Опитност на изпълнителя $t$ (години)	Сложност на проекта и брой участници в него $l$ (хора)	Външни фактори $m$	Степен на интерактивност $n$
Min	(> 5 години) $t = 0$	(1 – 10 човека) $l = 0$	(слаби) $m = 0$	(няма) $n = 0$
Max	(≤ 1 година) $t = 1$	(над 10 човека) $l = 1$	(силни) $m = 1$	(пълна) $n = 1$
Тежест	$k_t = 0.4$	$k_l = 1$	$k_m = 0.4$	$k_n = 3$

Таблица 2.6. Показатели и тегловни коефициенти, влияещи върху времето за разработване на курс за електронно обучение

Предложена е модификация на модела на Карр за определяне на времето за разработване на електронен курс и като се вземат предвид въведените допълнителни тегловни коефициенти се предлага формулата:

$$y = x + x * (k_t * t + k_l * l + k_m * m + k_n * n) \quad (2.8)$$

където  $y$  е прогнозираното време за разработка на електронния курс,  $x$  е предварително оценено време за разработване електронен курс,  $k_t$ ,  $k_l$ ,  $k_m$  и  $k_n$  са тегловни коефициенти на въведените показатели  $t$ ,  $l$ ,  $m$  и  $n$ .

Предложената формула позволява да се оцени времето, необходимо за разработване на курс за електронно обучение с по-висока степен на точност и дава възможност за калибриране на показателите чрез варирането на коефициентите за тежест.

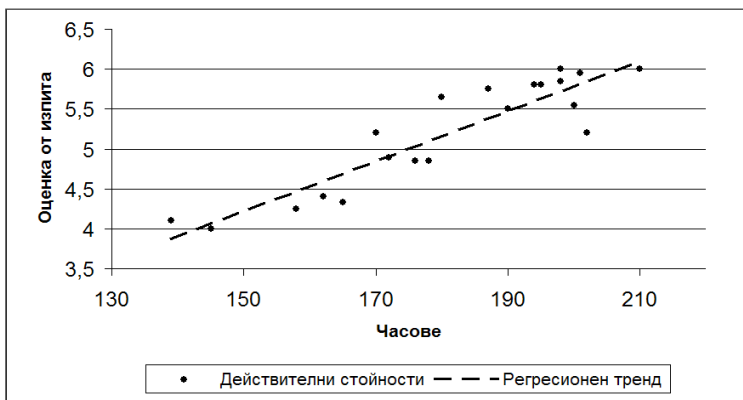
Подобни оценъчни прогнозиращи модели биха могли да се съставят и за други KPI от стратегическата карта на BSC с цел да се разкрие функционалната зависимост на съответните показатели и факторите, които влияят върху тях. Съставянето на прогнозни модели за оценка на конкретни показатели може да допринесе за по-точното им отчитане и в перспектива по-реалистично определяне на целевите стойности на KPI.

В дисертационния труд са изследвани два модела за отчитане на влиянието на факторите върху резултатния показател “оценка от изпита”:

- чрез време, отделено от студентите за on-line обучение,
- чрез брой посетени хипертекст-връзки (линкове) с допълнителна учебна литература.

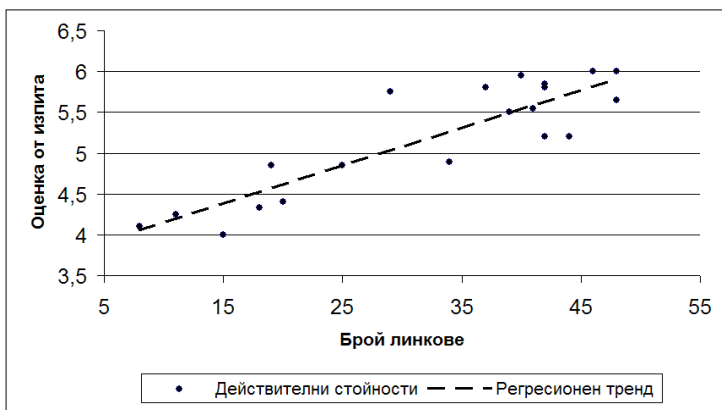
Чрез регресионен и множествен корелационен анализ е установена право-пропорционална зависимост между оценката от изпита ( $y$ ) и времето

в on-line обучение ( $x$ ). От тук следва, че повишаване на часовете, отделени за електронно обучение, повишава и успеха на студентите (Фиг. 2.5).



Фиг. 2.5. Зависимост между време в on-line обучение и оценката от изпита

Чрез втория модел е установена право-пропорционална зависимост между броя на посетителите от студента линкове с допълнителни учебни материали и оценката от изпита (Фиг. 2.6).



Фиг. 2.6. Зависимост между броя посетени линкове и оценката от изпита

Успоредно с изследване на показателя “успех на студентите”, чрез подходящи математически и статистически модели могат да се изследват и други резултатни показатели (“брой студенти, работещи по специалността”,

“брой студенти, продължили следваща научнообразователна степен”) и т.н., с цел разкриване на факторите, които им влияят.

В дисертационния труд е разработен алгоритъм на приложение на BSC във висше училище с електронно обучение (Фиг. 2.7):



Фиг. 2.7. Алгоритъм за приложение на BSC в висше училище с електронно обучение

В процеса на **мобилизация** се идентифицират основните идеи и се определят перспективите. Целта е да се ограничат приоритетите в мисията и стратегията на висшето училище, тъй като ръководството може да се съсредоточи само върху определен брой приоритети за даден период от време. Определя се как мисията на образователната институция се отнася до вътрешните процеси в нея и как трябва да се променят вътрешните процеси, които влияят върху мисията на организацията.

При **проектирането** се определят стратегическите цели и се съставя стратегическа карта на причинно-следствените връзки (Фиг. 2.2). Разработва се набор от ключови показатели (KPI) за мониторинг и оценяване на ефективността на електронното обучение. Определят се целеви значения на KPI и основните мероприятия за постигане на поставените цели. За отделните структурни подразделения се съставят отделни стратегически карти на BSC, които обикновено повтарят модела на ВУ като цяло. На този етап се определят и резултатни показатели за оценяване на степента на постигане на целите, поставени в BSC.

Следващата стъпка в предложения алгоритъм е съставяне на план за **приложение на BSC**. За различните образователни институции подходите са различни, но могат да се следват насоки, които да ускорят процеса на



приложение – обучение на сътрудниците, постоянен мониторинг върху изпълнението на поставените задачи, създаване на система за стимулиране чрез възнаграждение за постиженията и др.

Заклучителната фаза е **устойчиво изпълнение**. Тази фаза се фокусира върху оценката на показателите за ефективност чрез BSC като част от ежедневните процедури във висшето училище. Набирането на информация за ефективност на електронното обучение и анализирането ѝ подпомага успешното приложение на BSC в образователната институция. Така слабостите и пропуските могат да се открият навреме и да се отстранят чрез набелязване на съответни мероприятия.

Най-краткият път за практическа реализация и мониторинг върху изпълнението на стратегията на образователната институция е чрез приложение на автоматизирана информационна система за отчитане на показателите на BSC.

В дисертацията е показана експериментално приложение на BSC за оценка ефективността на електронното обучение във висше училище, реализирано с помощта на подобна система. Предложени са:

- перспективи, отговарящи на мисията на висшето училище;
- показатели за оценяване (KPI), като са зададени следните характеристики:
  - *стойност* – текуща стойност на показателя за конкретната година;
  - *min/max* стойност на показателя през изследвания период;
- избор на посока на подобряване на показател (да се увеличава или да се намалява).

Използването на специализиран програмен продукт за приложение на BSC дава възможност чрез настройка да се наблюдават показателите, които са извън предварително зададените граници. Тези показатели изискват повишено внимание при определяне на целева стойност на показателя.

Специализираният програмен продукт позволява да се създават диаграми за всяка перспектива след въвеждане на информацията за перспективите и показателите за определен период от време. Чрез такива диаграми, бяха определени като изоставащи показателите „Кандидати за 1 място“ и „Относителен дял на студентите с поети такси от бизнеса“ за перспективата „Потребители“ за дадена година. Тези резултати могат да се използват, за да се набележат мероприятия за повишаването на стойностите на изоставащите показатели.

След определяне на изоставащите или влошаващите се показатели за оценяване на ефективността на електронното обучение, се разработват мероприятия за постигане на стратегическите цели на висшето училище. За разработените мероприятия се определя бюджет, срокове за изпълнение и отговорници. Мероприятията могат да се обединят в клъстери и на тази основа да се формират близки по насоченост инициативи и мероприятия в стратегическите програми.

Подходящ инструмент за оценка на приложимостта на BSC във висше училище с електронно обучение е т. нар. SWOT анализ (Strengths – предимства, Weaknesses – недостатъци, Opportunities – възможности, Threats – заплахи), който позволява да се определят основните преимущества и недостатъци на BSC. Изводът от този анализ е, че въпреки някои ограничения и слабости, BSC може да служи като система за оценка на ефективността и управлението на висши училища с електронно обучение. BSC привежда мисията и стратегията на организацията, прилагаща електронно обучение, в балансиран комплекс от взаимосвързани показатели, които дават кратка, но достатъчно пълна информация на движението на обучаващата организация към изпълнението на задачите и постигането на целите ѝ. BSC може успешно да се прилага като средство за мотивация и обратна връзка при осъществяване на процеса на електронно обучение във висшето образование.

### **ГЛАВА III: МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ЧРЕЗ НЕВРОННИ МРЕЖИ**

Една от задачите на дисертационния труд е да се построи адекватен и достатъчно точен за практическо приложение модел за прогнозиране на ефективността на електронното обучение чрез невронна мрежа (НМ). За изпълнението на тази задача е разработен модел на структура на НМ, в комбинация с анализ на главните компоненти (АГК). Предложен е алгоритъм за разработването на модел на структура на прогнозираща НМ със стъпки:

- Центриране и нормиране на данните;
- Корелационен анализ на данните. На тази стъпка се отстраняват показателите, които имат голяма корелация помежду си;
- Интерполация на данните;

- Корелационен анализ на данните, с цел да се провери в каква степен корелацията между отделните показатели се запазва след интерполацията;
- АГК на входящите показатели;
- Симулация на НМ, която протича през следните етапи: НМ се обучава с данните; изготвя се прогноза за стойностите на резултатните показатели на базата на известни реални данни; изчислява се получената грешка;
- симулира се НМ с линейна активираща функция;
- симулира се подобрена НМ с линейна активираща функция;
- симулира се НМ с нелинейна активираща функция;
- симулира се подобрена НМ с нелинейна активираща функция;
- сравняват се грешките на прогнозните резултати и се избира структурата на НМ, чиято прогноза е с най-малка грешка.

### **Центриране и нормиране на данните**

Приложението на АГК поставя изискването данните, върху които се прилага, да са центрирани и нормирани.

За центриране на данните се използва формулата:

$$x' = x - x_{cp.ap.} \quad (3.1)$$

където  $x_{cp.ap.}$  е средната аритметична стойност на променливата  $x$ , а  $x'$  е новата центрирана стойност. В резултат на центрирането, средната аритметична стойност на центрираните данни е равна на нула.

За нормиране на данните се използва формулата:

$$x'' = \frac{x'}{\sigma} = \frac{x - x_{cp.ap.}}{\sigma} \quad (3.2)$$

където  $x''$  е новата нормирана стойност на променливата, а  $\sigma$  е дисперсията ѝ, която в резултат на нормирането, става равна на 1.

За целите на изследването са използвани данни за период от девет години, предоставени от СА “Д. А. Ценов”. Резултатите от центрирането и нормирането на предоставените данни са показани в таблица 3.1.

**II. Халачев: Оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение във висшето образование чрез балансирана система от показатели и невронни мрежи**

<b>Показатели по години</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Приходи от студентски такси	-0.86	-0.95	-0.77	-0.66	-0.44	-0.15	0.88	1.43	1.52
Приходи от научни проекти	-0.84	-0.93	-0.84	-0.56	-0.49	-0.12	0.77	1.52	1.50
Приходи от спонсори	-0.81	-1.29	-0.33	-0.17	-0.17	-0.33	-0.01	1.03	2.08
Приходи от продажба на електронни учебни материали	-0.91	-1.05	-0.91	-0.50	-0.36	0.13	0.62	1.46	1.53
Разходи за разработка на 1 електронен курс	-0.61	-1.48	-0.83	-0.61	0.27	0.70	1.14	1.58	-0.17
Разход за амортизация на ДМА и НМА	-1.19	-1.40	-1.08	-0.23	0.30	0.77	0.84	0.94	1.05
Разходи за заплати и осигуровки на персонала	-1.08	-1.82	-0.90	0.15	0.72	0.79	0.89	0.68	0.56
Кандидати за 1 място	-1.27	-0.25	-0.59	0.78	1.12	1.63	0.26	-0.76	-0.93
Среден входящ успех на кандидатите за магистри	-0.22	0.36	-0.37	-1.16	-1.52	-0.22	0.41	1.62	1.09
Относителен дял студенти, удовлетворени от обучението %	-1.38	-0.69	-0.46	-1.38	0.23	0.69	0.92	0.92	1.15
Относителен дял студенти с поети такси/стипендии от бизнеса	0.34	-2.07	-0.46	-0.31	-0.54	0.30	1.22	1.14	0.38
Средно време прекарано от 1 студент за изучаване на 1 дисциплина	-0.42	-2.47	-0.05	0.55	0.79	0.67	0.43	0.19	0.31
Среден брой проведени тестове в 1 дисциплина	-1.35	-1.44	-0.79	0.12	0.08	0.17	1.09	0.99	1.13
Степен на интерактивност на учебните курсове	-1.22	-1.08	-0.79	-0.51	0.19	0.12	0.36	1.39	1.53
Средно време за F2F обучение в 1 дисциплина	-0.96	-1.32	-0.87	-0.65	-0.04	0.52	0.81	1.09	1.43
Студенти, обучавани от 1 преподавател	-0.93	-1.48	-0.77	-0.46	-0.15	0.40	0.87	1.18	1.34
Брой нови специалности	-1.85	1.48	-0.18	-0.18	1.48	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18
Брой нови електронни курсове	-1.54	-0.95	-0.36	-0.07	0.53	-0.36	-0.07	1.71	1.12
Обновени електронни курсове	-0.37	0.58	-1.32	-1.32	-0.37	-0.37	0.58	1.05	1.53
Преподаватели, удовлетворени от учебния процес %	-1.28	-0.67	-0.37	-0.07	0.84	-0.67	-0.37	2.05	0.54
Публикации средно на 1 преподавател	-0.05	-1.44	-1.37	0.03	-0.09	1.35	1.49	0.07	0.01
Брой участия в конференции средно на 1 преподавател	-0.63	-0.73	1.40	1.31	-0.80	-0.65	1.21	-0.90	-0.21
Брой преподаватели защитили научна степен Доктор/Доктор на науките	0.00	0.00	1.41	0.00	-1.41	0.00	-1.41	0.00	1.41
Брой хабилитирани преподаватели	-1.20	-1.20	-0.12	-0.12	0.96	2.04	-0.12	-0.12	-0.12
Брой конференции, по ЕО организирани от ВУ	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	0.27	0.27	0.27	1.47	1.47

*Таблица 3.1. Центрирани и нормирани стойности на ключови показатели на BSC*

Трябва да се отбележи, че не е необходимо резултатните показатели да се центрират и нормират, тъй като те няма да се подлагат на АГК. В Таблица 3.2 са представени стойностите на резултатните показатели.

Показатели по години	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Среден успех на завършващите студенти	4.87	4.98	5.04	5.17	5.32	5.36	5.34	5.26	5.08
Коефициент на успеваемост	0.87	0.85	0.84	0.81	0.76	0.72	0.73	0.80	0.83
Брой продължили следваща степен на обучение доктор	1.00	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	3.00	1.00
Относителен дял на работещите по специалността	62.00	54.00	53.00	57.00	63.00	69.00	74.00	70.00	58.00

Таблица 3.2. Стойности на резултатните показатели

### Корелационен анализ на данните с цел намаляване на размерността

Както е известно, при статистическа обработка на данните, когато две променливи имат коефициент на корелация по-голям от 0.9 се приема, че те измерват един и същ показател и в набора от данни трябва да остане само една от тях. Преди провеждане на АГК е необходимо да се анализират коефициентите на корелация между променливите, за да се отстранят тези от тях, чиято корелация с други променливи е по-голяма от 0.9. В Таблица 3.3 са представени променливите, които се отстраняват от набора с данни поради високата им корелация.

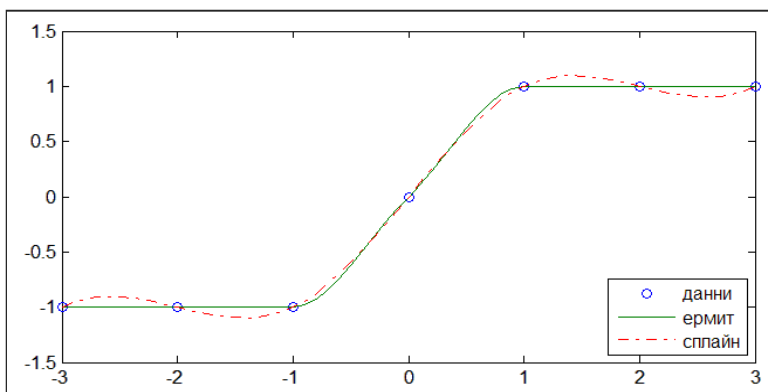
#	Приходи от научни проекти (лв.)	Приходи от продажба на електронни учебни материали (лв.)	Разход за амортизация на ДМА и НМА (лв.)	Относителен дял на студентите с такси, постигнати от бизнеса	Среден брой проведени тестове	Степен на интерактивност	Ср. време за F2F обучение в 1 дисциплина	Студенти, обучавани от 1 преподавател	Брой нови електронни курсове	Брой конференции, по ЕО организирани от ВУЗ
1	1.000	0.992	0.834	0.828	0.875	0.945	0.932	0.942	0.836	0.935
2	0.992	1.000	0.888	0.840	0.906	0.972	0.965	0.969	0.857	0.961
3	0.834	0.888	1.000	0.840	0.957	0.916	0.965	0.960	0.774	0.893
4	0.828	0.840	0.840	1.000	0.873	0.778	0.871	0.906	0.630	0.751
5	0.875	0.906	0.957	0.873	1.000	0.918	0.941	0.963	0.830	0.852
6	0.945	0.972	0.916	0.778	0.918	1.000	0.961	0.959	0.929	0.980
7	0.932	0.965	0.965	0.871	0.941	0.961	1.000	0.993	0.805	0.955
8	0.942	0.969	0.960	0.906	0.963	0.959	0.993	1.000	0.825	0.936
9	0.836	0.857	0.774	0.630	0.830	0.929	0.805	0.825	1.000	0.869
10	0.935	0.961	0.893	0.751	0.852	0.980	0.955	0.936	0.869	1.000

Таблица 3.3. Коефициенти на корелация между BSC показатели, по-големи от 0.9

Корелационният анализ на резултатните показатели показва, че корелационните коефициенти между резултатните показатели не превишават 0.85 и следователно не се налага отстраняването на нито един от тях.

### Интерполация на данните

Известни са следните видове интерполация на данните: линейна, полиномна, сплайн, кубичен сплайн във форма на Ермит и др. В настоящия дисертационен труд е избран алгоритъма “сплайн (или функция) на Ермит”, тъй като интерполантите не надхвърлят максималната стойност на еталонните данни, нито слизат под техния минимум (Фиг. 3.2).



Фиг. 3.2. Разлика между интерполация чрез сплайн-функция и функция на Ермит

Например, при интерполация на параметъра „успех на студента“ за разлика от другите методи, интерполантите не надхвърлят максималната стойност от 6, нито са под минималната стойност от 2. На Фиг. 3.2 е илюстрирана разликата при интерполация на данни чрез “сплайн-функция” и функция на Ермит.

Интерполацията на входящите и изходящи данни се предшества от определяне на необходимия брой интерполанти. Характерно за интерполацията е, че в данните се “внося” шум, който нараства правопропорционално на увеличаването на броя на интерполантите. С цел да се намали шума до минимални стойности е необходимо да се избера минимален брой точки, достатъчен за АГК. Изискването към данните е броят случаи да е по-голям от броя на променливите. Броят на

**II. Халачев: Оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение във висшето образование чрез балансирана система от показатели и невронни мрежи**

необходимите за интерполация точки се определя чрез решаване на следната система:

$$\begin{cases} s > \frac{r-k}{k-1} \\ s \in N; \min(s) \end{cases} \quad (3.8)$$

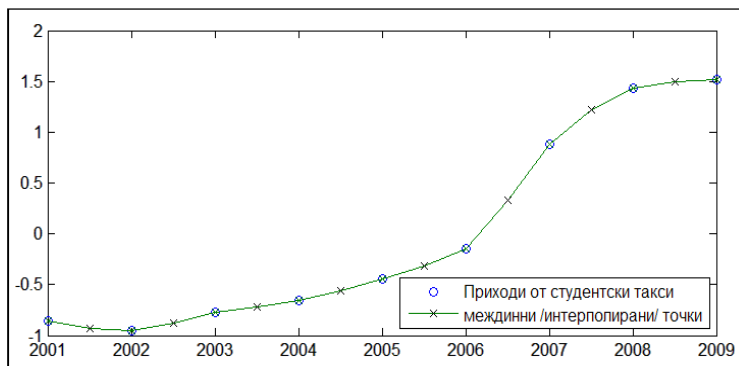
където:  $r$  – е брой променливи,  $k$  – брой дадени точки (брой години);  
 $s$  – брой точки, необходими за целите на АГК.

Изчисленията показват, че за интерполация на променливите е достатъчно да се създаде по една междинна точка. След тази стъпка извадката от данни съдържа 15 променливи и 17 случая (Таблица 3.4).

BSC показатели															Резултатни показатели			
Приходи от студентски такси (лв.)	Приходи от спонсори (лв.)	Разходи за разработка на 1 електронен курс (лв.)	Разходи за заплати и осигуровки на персонала (лв.)	Кандидати за 1 място (бр.)	Среден входящ успех на кандидатите за магистри	Относителен дял на студентите, удовлетворени от обучението си %	Средно време прекарано от 1 студент за изучаване на 1 дисциплина (ч.)	Брой нови специалности	Обновени електронни курсове	Относителен дял на преподавателите, удовлетворени от учебния процес %	Публикации средно на 1 преподавател	Брой участия в конференции средно на 1 преподавател	Брой преподаватели защитили научна степен Доктор/Доктор на науките	Брой хабилитирани преподаватели	Среден успех на завършващите студенти	Коефициент на успеваемост	Брой продължаващи следваща степен на обучение доктор	Относителен дял на работещите по специалността
-0.8600	-0.8100	-0.6100	-1.0800	-1.2700	-0.2200	-1.3800	-0.4200	-1.8500	-0.3700	-1.2800	-0.0500	-0.6300	0.0000	-1.2000	4.87	0.87	1.00	62.00
-0.9331	-1.2000	-1.2488	-1.6463	-0.5475	0.2244	-0.9631	-1.9806	0.5431	0.4019	-0.9296	-1.0100	-0.7175	0.0000	-1.2000	4.93	0.86	1.00	56.78
-0.9500	-1.2900	-1.4800	-1.8200	-0.2500	0.3600	-0.6900	-2.4700	1.4800	0.5800	-0.6700	-1.4400	-0.7300	0.0000	-1.2000	4.98	0.85	1.00	54.00
-0.8771	-0.8443	-1.1961	-1.4826	-0.4200	0.0899	-0.5319	-1.3802	0.6500	-0.3700	-0.5072	-1.4217	0.3350	0.7050	-0.6600	5.01	0.85	0.50	53.28
-0.7700	-0.3300	-0.8300	-0.9000	-0.5900	-0.3700	-0.4600	-0.0500	-0.1800	-1.3200	-0.3700	-1.3700	1.4000	1.4100	-0.1200	5.04	0.84	0.00	53.00
-0.7163	-0.2157	-0.7229	-0.3448	0.0269	-0.7980	-0.9200	0.3273	-0.1800	-1.3200	-0.2389	-0.6533	1.3766	0.8813	-0.1200	5.10	0.83	0.38	54.40
-0.6600	-0.1700	-0.6100	0.1500	0.7800	-1.1600	-1.3800	0.5500	-0.1800	-1.3200	-0.0700	0.0300	1.3100	0.0000	-0.1200	5.17	0.81	1.00	57.00
-0.5629	-0.1700	-0.1982	0.5118	0.9671	-1.4018	-0.6644	0.7129	0.6500	-0.8450	0.4414	-0.0300	0.2334	-0.8813	0.2850	5.25	0.79	1.50	59.85
-0.4400	-0.1700	0.2700	0.7200	1.1200	-1.5200	0.2300	0.7900	1.4800	-0.3700	0.8400	-0.0900	-0.8000	-1.4100	0.9600	5.32	0.76	2.00	63.00
-0.3203	-0.2500	0.5028	0.7603	1.4260	-0.9761	0.5111	0.7500	0.6500	-0.3700	0.0850	0.5981	-0.7597	-0.7050	1.6350	5.35	0.73	2.50	66.07
-0.1500	-0.3300	0.7000	0.7900	1.6300	-0.2200	0.6900	0.6700	-0.1800	-0.3700	-0.6700	1.3500	-0.6500	0.0000	2.0400	5.36	0.72	3.00	69.00
0.3319	-0.2312	0.9194	0.8503	1.0912	0.0975	0.8433	0.5600	-0.1800	0.0264	-0.5867	1.4519	0.3147	-0.7050	0.9600	5.35	0.72	3.63	72.18
0.8800	-0.0100	1.1400	0.8900	0.2600	0.4100	0.9200	0.4300	-0.1800	0.5800	-0.3700	1.4900	1.2100	-1.4100	-0.1200	5.34	0.73	4.00	74.00
1.2253	0.4406	1.4150	0.8041	-0.3597	1.1186	0.9200	0.2800	-0.1800	0.8342	0.9067	0.7944	0.1550	-0.8813	-0.1200	5.31	0.76	3.67	72.75
1.4300	1.0300	1.5800	0.6800	-0.7600	1.6200	0.9200	0.1900	-0.1800	1.0500	2.0500	0.0700	-0.9000	0.0000	-0.1200	5.26	0.80	3.00	70.00
1.4943	1.5537	1.0606	0.6103	-0.8814	1.5300	0.9919	0.2125	-0.1800	1.2887	1.7294	0.0256	-0.8138	0.7050	-0.1200	5.18	0.82	2.15	65.25
1.5200	2.0800	-0.1700	0.5600	-0.9300	1.0900	1.1500	0.3100	-0.1800	1.5300	0.5400	0.0100	-0.2100	1.4100	-0.1200	5.08	0.83	1.00	58.00

Таблица 3.4. Резултат от интерполация на данните по метода на Ермит

На фиг. 3.4 са представени получените чрез интерполация междинни точки и първоначалните стойности на показателя „Приходи от студентски такси“.



Фиг. 3.4. Интерполация на показателя „Приходи от студентски такси” по метода на Ермит

### Корелационен анализ на данните с цел проверка на резултата от интерполацията

За да се провери доколко зависимостите в данните са се запазили, е необходимо да се направи корелационен анализ на входящите променливи преди и след интерполацията и да се сравнят резултатите. Ако зависимостите в данните са се запазили, разликата в корелационните коефициенти преди и след интерполацията е минимална. Усреднената промяна на корелационните коефициенти след интерполацията на входящите показатели е в рамките на  $0.01 \div 0.03$ , а на резултатните показатели е нула, т.е. корелациите между променливите преди и след интерполацията се запазват в допустимите граници.

### Анализ на главните компоненти

При наличие на няколко променливи, свързани помежду си с коефициенти на корелация, чрез АГК техният брой може да се намали до няколко по-малко на брой принципни променливи. Задачата се свежда до определяне на стойностите на тези компоненти, а като следствие от приложението на анализа е намаляване на размерността на данните. При решаването на задачата, пространството на стойностите на променливите се свежда до пространство от по-малка размерност, с цел подобряване на работата на невронната мрежа. След провеждане на АГК с помощта на специализиран



статистически софтуер се получават 4 принципни компонента, които отразяват общо 90.239 % от вариацията в оригиналните данни.

### **Прогнозиране на ефективността на електронното обучение чрез симулация на НМ**

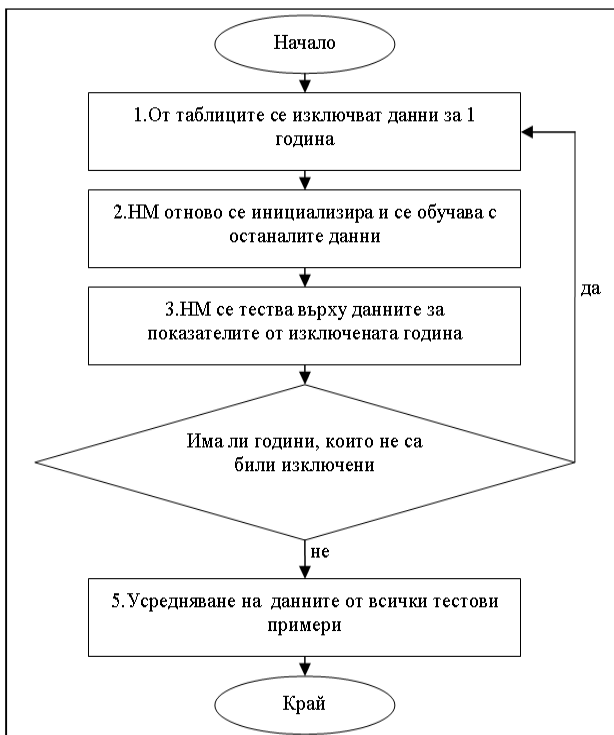
Прогнозирането на ефективността на електронното обучение може да се разглежда като апроксимация на функция. Като се има предвид количеството налични данни, като подходящи за съставяне на прогнозиращ модел се открояват НМ с линейна и нелинейна активиращи функции (Hornik, Haykin и др.).

Симулацията на НМ се извършва по следния алгоритъм:

- обучение на НМ с известни данни за определен период;
- изготвяне на прогноза за стойностите на резултатните показатели за този период;
- изчисляване на получената грешка.

При работа с НМ обикновено обучаващите данни се разделят в отношение 80 % за обучение и 20 % за тестване. НМ се обучава с първата част от извадката, след което се тества върху втората част. На базата на прогнозираните изходни стойности от НМ и реалните данни от извадката се определя грешката, която дава НМ.

Когато наличните данни обхващат сравнително къс период от време, не е целесъобразно да се определи отделна тестова извадка. При наличните данни в Таблица 3.1 и Таблица 3.2 подходящ метод за оценка на точността на работата на НМ за обучение при малки извадки от данни е обучението чрез метода Leave One Out (LOO). Този метод произхожда от статистиката, където е известен като „Cross Validation“. На Фиг. 3.3 е представена блок-схема на алгоритъма на метода LOO.



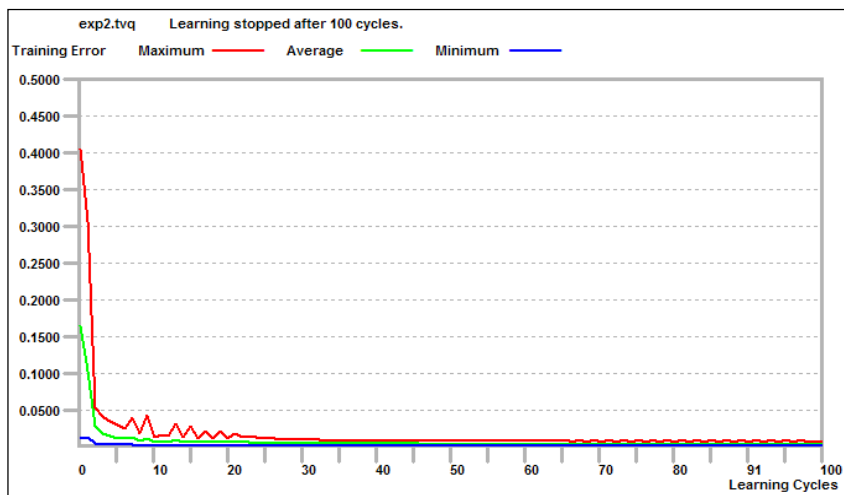
Фиг. 3.3. Блок схема на алгоритъма на обучение по метода LOO

Симулирани са следните модели на структури на невронни мрежи: НМ с линейна активираща функция, подобрена структура на НМ с линейна активираща функция, НМ с нелинейна активираща функция и подобрена структура на НМ с нелинейна активираща функция.

### Симулация на невронна мрежа с линейна активираща функция

Резултатите от обучението на НМ с линейна активираща функция с реални данни за BSC показатели за електронно обучение във висше учебно заведение за период от 8 години и изпитването ѝ чрез подаване на известни входни данни за деветата година.

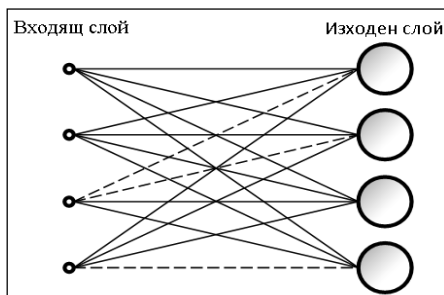
Диаграмата на обучение на НМ с линейна активираща функция е построена с помощта на програмния продукт MATLAB и е представена на Фиг. 3.5.



Фиг.3.5. Диаграма на процеса на обучение на НМ с линейна активираща функция

По абцисата на графиката е представен броя на повторенията на цикъла на обучаващия алгоритъм, а по ординатата – стойността на грешката при всеки обучаващ цикъл. За всяко проведено обучение на всяка от изследваните НМ структури се получава по една такава диаграма. Тези диаграми имат идентични характеристики и в началото на обучението грешката е голяма, а с прогресиране на обучението тя намалява, като след двадесетия цикъл на обучение отива към минималната си стойност. Поради това е показана само първата от общо 5 диаграми на процеса на обучение.

За да се повиши точността на прогнозата се прилага метод за подобряване на НМ с линейна активираща функция. Подобряването на структурата на НМ се извършва по алгоритъма OBD (Optimal Brain Damage). Като резултат е получена структура, която е показана на фиг. 3.6, където с пунктирани линии са отбелязани синаптичните тегла, които отпадат от първоначалната структура:



Фиг. 3.6. Схема на подобрена НМ с линейна активираща функция

### Симулация на невронна мрежа с нелинейна активираща функция

При построяване на невронна мрежа с нелинейна активираща функция е необходимо да се определи както броя на скритите слоеве, така и броя на невроните в него. От основната апроксимационна теорема следва, че е достатъчен само един скрит слой.

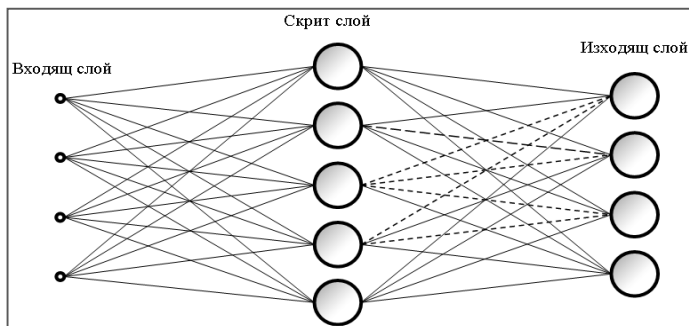
Броят на невроните в скрития слой се изчислява чрез системата:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mN}{1 + \log_2 N} \leq L_w \leq m \left( \frac{N}{m} + 1 \right) (n + m + 1) + m \\ L = \frac{L_w}{n + m} \\ 2(L + n + m) \leq N \leq 10(L + n + m) \end{array} \right. \quad (1.3)$$

където  $n$  – размерност на входящия сигнал;  $L$  – брой скрити слоеве;  $L_w$  – необходимо количество синаптични връзки;  $m$  – размер на изходящия сигнал;  $N$  – брой елементи в обучаващата извадка.

След извършване на необходимите изчисления на базата на известните реални данни се определя, че пет неврона в скрития слой са достатъчни за построяване на структурата на невронна мрежа с нелинейна активираща функция.

Получената структура на НМ с нелинейна активираща функция, върху която е приложен метода OBD, е показана на фиг. 3.9, където с пунктирани линии са отбелязани отстранените синаптични тегла.



Фиг. 3.9. Схема на подобрена НМ с нелинейна активираща функция

След обучение на НМ с нелинейна активираща функция с реални данни за BSC показатели за електронно обучение във висше учебно заведение за период от 8 години е направена прогноза за стойностите на резултатните показатели за следващата година, които са сравнени с известните данни за същата година.

Обобщените данни за прогнозни стойности на резултатните показатели определени чрез различни НМ структури, са представени в Таблица 3.2.

	Среден успех на завършващите студенти		Коефициент на успеваемост		Брой продължили следваща степен обучение - доктор		Отн. дял на работещите по специалността		средна грешка, %
	стойност	грешка	стойност	грешка	стойност	грешка	стойност	грешка	
<b>Ширина на интервала (min-max)</b>	0.49		0.15		4.00		21.00		
<b>Целева стойност (2009 г.)</b>	5.08		0.83		1.00		58.00		
<b>НМ с линейна акт. ф-я</b>	5.15	14.29	0.83	0.00	2.00	25.00	61.00	14.29	13.39
<b>подобрена НМ с линейна акт. ф-я</b>	5.14	12.24	0.83	0.00	1.00	0.00	61.00	14.29	6.63
<b>НМ с нелинейна акт. ф-я</b>	5.15	14.29	0.82	6.67	2.00	25.00	61.00	14.29	15.06
<b>подобрена НМ с нелинейна акт. ф-я</b>	5.12	8.16	0.82	6.67	1.00	0.00	58.00	0.00	3.71

Таблица 3.20. Обобщените данни за прогнозни стойности на резултатните показатели, определени чрез НМ с различни структури

Средната грешка, получена в резултат на направената прогноза, използвайки НМ с линейна активираща функция е 13.39 % от общата ширина на интервалите на резултатните променливи. Усреднените резултати от направената прогноза чрез подобрена НМ структура с линейна активираща функция водят до грешка от 6.63 %, която показва подобряване на прогнозиращите способности в сравнение с първоначалната структура на НМ. Използването на НМ с нелинейна активираща функция води до грешка на прогнозата в размер на 15.06 % от общата широчина на интервала на резултатните показатели. Определянето на прогнозни стойности на резултатните показатели чрез подобрена НМ с нелинейна активираща функция води до грешка от 3.71 %. От статистическа гледна точка нивото на грешката е в допустимите граници от 5 %, от където следва, че точността на прогнозата на подобрена НМ с нелинейна активираща функция е по-висока от тази на подобрена НМ с линейна активираща функция. С цел потвърждаване на избора на подобрена структура на НМ с нелинейна активираща функция като най-точна, бяха проведени по 5 симулации със всяка НМ архитектура. Разликата в резултатите от различните симулации варира в рамките на (0÷0.5) % от ширината на изследвания показател.

Чрез подобрена НМ с нелинейна активираща функция са получени 25 прогнози за стойностите на резултатните показатели за 1 година. В Таблица 3.21. са показани осреднените стойности на резултатните показатели за годината, средните прогнозни стойности и съответната грешка на прогнозата.

Показател	Среден успех на завършващите студенти	Коефициент на успеваемост	Брой продължили следваща степен на обучение доктор	Отн. дял на работещите по специалността
Фактически стойности	5.08	0.83	1.00	58.00
Прогнозирани стойности (ср. от 25 опита)	5.10	0.82	1.02	58.07
Грешка (ср. от 25 опита)	5 %	4 %	3 %	1 %

*Таблица 3.21. Резултати от 25 прогнози за стойностите на показателите*

От Таблица 3.21 се вижда, че получените от прогнозата стойности на резултатните показатели за ефективност на електронното обучение са достатъчно близки до фактическите.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дисертационния труд са представени изследвания и резултати, свързани с оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение (ЕО) във висшето образование. За целта е разработен модел на балансирана система от показатели (BSC), съобразен със спецификата на ЕО във висшето образование. Чрез SWOT анализ са определени предимствата и недостатъците на използването на BSC за оценка ефективността на ЕО във висше училище. Разработени са модели за оценка на съществени показатели на ефективност на ЕО, като „време за разработване на електронен курс” и “оценка от изпита”. Оценено е влиянието на on-line активността на студентите върху ефективността на ЕО.

Изследвани са възможностите за приложение на невронни мрежи за прогнозиране на ефективността на ЕО във висшето образование. За създаване на прогнозиращ модел на резултатните показатели на електронното обучение с приемливо равнище на грешка на прогнозата са изследвани алтернативни структури на НМ. Установено е, че грешката на прогнозата намалява при използване на НМ с нелинейна активираща функция, което показва, че спецификата на показателите за прогнозиране на ефективността на ЕО във висшето образование определя нелинейни зависимости на данните.

Разработен е модел на структура на невронна мрежа и алгоритъм за приложение, чието предимство е комбинирането на невронни мрежи, АГК и интерполация, което позволява повишаване на точността на прогнозата при малки извадки от данни. Предложени са алгоритъм и методология за реализиране на модела.

Проведените числени експерименти, на базата на реални данни, потвърждават приложимостта на предложения модел на структура на НМ за прогнозиране ефективността на ЕО.

Изследванията по дисертацията и получените резултати са отразени в 10 публикации, 8 от които са самостоятелни. Част от получените резултати са във връзка с изпълнението на 2 проекта, финансирани по Европейски програми.

Постигнатите резултати в дисертационния труд очертават следните насоки за бъдещи изследвания в областта на оценяването и прогнозирането на ефективността на ЕО: 1) приложение на BSC за сравняване ефективността на ЕО на различни образователни институции; 2) изследването на възможностите за създаване на по-точни прогнозиращи модели (на базата на невронни мрежи и/или други моделиращи подходи) за оценка ефективността на ЕО.

## **СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Основните резултати в дисертационния труд могат да бъдат обобщени както следва:

1. Разработен е модел на балансирана система от показатели (BSC) за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование. Предложен е набор от резултатни показатели, позволяващ да се оцени процеса на електронно обучение и да се направи обратна връзка на модела на BSC с определени показатели. Разработен е алгоритъм за приложение на BSC, който дава възможност за адаптиране към специфичните изисквания на различни висши училища с електронно обучение.
2. Разработени са два модела за оценка и прогнозиране на времето за разработване на електронен курс, като един от съществените индикатори на ефективността на електронното обучение. Предимство на моделите е по-високата степен на точност на оценката на времето за разработване на курс и възможността за калибриране на показателите чрез промяна на тегловните коефициенти. На базата на корелационен анализ са изследвани два модела за оценка на влиянието на on-line активността на студентите върху резултатния показател “Оценка от изпита”.
3. Разработен е модел на структура на невронна мрежа за прогнозиране ефективността на електронното обучение във висшето образование. Предимство на посочения модел е комбинирането на невронни мрежи, АГК и интерполация, което позволява повишаване на точността на прогнозата при малки извадки от данни. Предложени са алгоритъм и методология за реализиране на модела. Проведените числени експерименти на база на реални данни за резултатните показатели на електронното обучение, потвърждават приложимостта на разработената структура на невронна мрежа за прогнозиране на ефективността на електронното обучение.



## ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

### I. Статии в научни списания:

1. Halachev P, Predicting the effectiveness of e-learning by neural networks, *Cybernetics and Information technology*, ISSN 1311-9702, (приета за печат).
2. Halachev P., Balanced Score Card for Evaluation of the Efficiency of E-Learning, *International Journal of Arts and Sciences*, CD-ROM ISSN 1944-6934, 3 (18), 2010, pp. 228-238.
3. Halachev P., Educational Challenges for e-Learning in Higher Education in Bulgaria, *The International Journal of Learning*, ISSN 1447-9494, Vol. 16, No 6, 2009, pp. 737-745.
4. Halachev P., I. Mustakerov, Evaluation of the time needed for e-learning course development, *Cybernetics and Information technology*, ISSN 1311-9702, Vol. 9, No 3, 2009, pp. 86-95.

### II. Доклади на научни конференции:

5. Halachev P., Forecasting e-learning efficiency by using artificial neural networks and a balanced score card, World academy of science engineering and technology, ICECECE 2010: „*International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*”, ISBN 1307-6392, 27-29.11.2010, Paris, France, pp. 312-317.
6. Halachev P., Efficiency of e-Learning, *12th International Conference Interactive Computer Aided Learning*, ISBN 978-3-89958-481-3, 23-25.09.2009, Villach, Austria, pp. 551-557.
7. Халачев П., Комуникациите в електронното обучение, *Трета национална конференция с международно участие по електронно обучение във висшето образование*, ISBN 978-954-23-0427-2, Том I, 15-17.05.2009 г., гр. Свищов, стр. 275-282.
8. Ангелова Й., П. Халачев, Качество на електронното обучение, *Втора национална научна конференция с международно участие „Качеството на висшето образование в България – проблеми и перспективи*”, ISBN 1314-0051, Том I, 03–04.12.2009 г., гр. Русе, стр. 133-138.

### III. Статии в популярни списания:

9. Халачев П., Алтернативи пред обучението на персонала, списание „*Човешки ресурси*”, ISSN 1312-319X, бр. 3/183/2009, стр. 22-25.
10. Халачев П., Ефективност на електронното обучение в организацияте, списание „*Икономика*“, ISSN 1312-2428, бр. 1/2009, стр. 80-85.

#### IV. Участия в проекти

1. *Изграждане на висококвалифицирани млади изследователи по съвременни информационни технологии за оптимизация, разпознаване на образи и подпомагане вземането на решения.* Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на ЕСФ (2007-2013) и Р. България – МОМН по оперативна програма “Развитие на човешките ресурси” в направление “Подкрепа за развитието на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени”: BG051PO001-3.3.04/40/28.08.2009, (2009 – 2011)
2. *Efficiency Measurement of Lifelong Learning – using of Balanced Scorecard Concept, ADAM, the Project and Product Portal for Leonardo da Vinci* – funded by the European Commission, Project # 510007-2010-LLP-CZ-LEONARDO-LMP.