

**ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“
ФАКУЛТЕТ ПО МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА
КАТЕДРА „КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ“**

ГЕНЧО ДИМИТРОВ СТОИЦОВ

**МЕТОДИЧЕСКИ ИНСТРУМЕНТАРИУМ ЗА ФОРМИРАНЕ НА
ЗНАНИЯ И УМЕНИЯ ПО КОМПЮТЪРНИ МРЕЖИ И
КОМУНИКАЦИИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд
за присъждане на образователната и научна степен „доктор“
в област на висше образование: 1. Педагогически науки
професионално направление: 1.3. Педагогика на обучението по...
докторска програма: Методика на обучението по информатика и информационни
технологии

Научен ръководител: **доц. д-р Коста Гъров**

Рецензенти: **проф. д-р Асен Рахнев**
 доц. д-р Даниела Тупарова

Пловдив, 2013 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на катедра “Компютърни технологии” при Факултета по математика и информатика на ПУ “Паисий Хилендарски”.

Дисертационният труд съдържа 222 страници, от които 162 в основната си част, 7 страници използвана литература и три приложения в обем от 53 страници. Използваната литература включва 126 източника, от които 41 на кирилица и 85 на латиница.

Списъкът на авторските публикации се състои от 5 заглавия.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 29.05.2013 г. от 10.00 ч. в Заседателната зала на новата сграда на ПУ “Паисий Хилендарски”, бул. България 236, гр. Пловдив.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в секретариата на ФМИ, нова сграда на ПУ “Паисий Хилендарски”, бул. България 236, гр. Пловдив, каб. 330, всеки работен ден от 8:30 до 17:00 часа.

Автор: Генчо Димитров Стоицов

Заглавие: “Методически инструментариум за формиране на знания и умения по компютърни мрежи и комуникации”

Тираж: 100 бр.

Пловдив, 2013 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| УВОД | 4 |
| Цел и задачи на дисертационния труд | 4 |
| Структура и обем на дисертационния труд..... | 5 |
| КРАТКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД..... | 7 |
| ГЛАВА 1. Темата за компютърните мрежи и комуникации в учебния план на различните степени на образователната система..... | 7 |
| 1.1. Актуалност на проблема | 7 |
| 1.2. Ролята на динамичната нагледност в обучението по КМК | 8 |
| 1.3. Изводи и оценки..... | 11 |
| ГЛАВА 2. Примерно тематично учебно съдържание по Компютърни мрежи и комуникации и методически инструментариум за неговото преподаване | 12 |
| 2.1. Включени теми..... | 12 |
| 2.2. Основни цели | 12 |
| 2.3. Разпределение по теми на целите и очакваните резултати | 13 |
| 2.4. Цели и очаквани резултати на ниво комуникационен симулакрум | 15 |
| 2.5. Предназначение на разработените софтуерни имитационни модели | 17 |
| 2.6. Изводи и оценки..... | 19 |
| ГЛАВА 3. Експериментално обучение по компютърни мрежи и комуникации на университетско ниво | 20 |
| 3.1. Цел и организация на изследването | 20 |
| 3.2. Критериите и показателите за оценка на резултатите | 21 |
| 3.3. Анализ на резултатите от заключителния тест | 22 |
| 3.4. Обработка на резултатите за група 1 (Тест А)..... | 22 |
| 3.5. Обработка на резултатите за група 2 (Тест В)..... | 23 |
| 3.6. Изводи и оценки..... | 24 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 26 |
| Перспективи за развитие | 26 |
| Основни научно-приложни и приложни приноси в дисертационния труд | 26 |
| Благодарности | 27 |
| СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД..... | 28 |
| БИБЛИОГРАФИЯ..... | 29 |

УВОД

Телекомуникационният сектор е област на висок растеж в европейската икономика и важен неин стимулатор. Този ръст на развитие е продиктуван от нарастващата необходимост от по-бързи и качествени услуги. Това се постига основно чрез промяна на технологиите, особено по отношение на цифровизацията и преносимостта на данни. Динамичното му развитие задължава повишаването на познавателната активност на обикновения потребител.

Съвременното образование трябва да осигурява на обучаемите достатъчно знания за основните и нововъзникващите информационни и телекомуникационни технологии. България има големи традиции в преподаването на Информатика и Информационни технологии. Учебният предмет „Информатика“ е въведен като задължителен предмет в българското училище през 1986 г., а „Информационни технологии“ (ИТ) – през 1994 г. Днес тези учебни дисциплини имат своето място в подготовката на българските ученици. Развива се и методиката на обучение по информатика и информационни технологии. Примери за разработки в тази област са: [1][2][3][5][9][10][11][12][13][14][15][17][18][27][28][29].

Настоящият дисертационен труд е посветен на създаването на методически инструментариум за формиране на знания и умения у обучаемите по една от основните теми от учебното съдържание по информатика и информационни технологии – компютърните мрежи и комуникации [31][32][33][34][70].

Цел и задачи на дисертационния труд

Обект на изследване на настоящата дисертация е процесът на обучение по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“ в университетското образование по информатика.

Предмет на изследване са организацията на учебното съдържание, методиката и инструментариумът за провеждане на обучението по компютърни мрежи и комуникации.

Основната цел е разработване на концепция за преподаване на компютърни мрежи и комуникации, включваща примерно учебно съдържание и методически инструментариум за неговата реализация.

За постигането на целта е необходимо решаването на следните **задачи**:

1. Да се проследи и анализира изучаването на дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“ (КМК) в средното и висшето образование;
2. Да се проучат съществуващите мрежови стандарти и да се предложат теми от учебното съдържание, обхващащи изучаването на тези стандарти;
3. Да се създаде проект за организация на учебното съдържание и методика за провеждане на обучението по КМК;
4. Да се разработи методически инструментариум, включващ условноизобразителни и динамични модели (разработени с авторски софтуер) за преподаване на включените теми от учебното съдържание;

5. Да се разработи инструментариум и да се проведе диагностична процедура за установяване нивото на знанията на обучаемите при изучаване на учебното съдържание;
6. Да се определят критерии и показатели за отчитане на резултатите от обучението;
7. Да се извърши експериментална проверка на предложената методика в реална среда за обучение по КМК и да се анализират получените резултати.

Основната хипотеза на дисертационното изследване е: Създаването и използването на методически инструментариум, насочен към онагледяване на учебното съдържание по компютърни мрежи и комуникации чрез условноизобразителни и динамични модели, повишава качеството на обучение и подпомага процеса на формиране на знания и умения.

За реализиране на целта и задачите, и за проверка на хипотезата са използвани следните методи:

- проучване на педагогическа, психологическа, методическа и учебна литература, свързана с предмета на изследване;
- теоретични и емпирични изследователски методи като наблюдение, групови дискусии, беседи със студенти, тестове;
- дидактически експеримент;
- статистически методи за обработка на експерименталните данни.

Структура и обем на дисертационния труд

Работата се състои от увод, три глави, заключение, списък на авторските публикации по темата, списък на използваната литература и три приложения.

В Глава 1. „Темата за компютърните мрежи и комуникации в учебния план на различните степени на образователната система“ са разгледани учебни програми, включващи елементи или цялостни модули от областта на компютърните мрежи и комуникации в средното образование – задължителна подготовка, профилирано и професионално образование и университетското образование по информатика. Предложен е модел на структурата и организацията на учебното съдържание по КМК. Разгледана е ролята на динамичната нагледност в обучението по предмета, като средство за представяне на учебното съдържание. Предложеният подход включва използването на комуникационни симулакруми като представители на софтуерни имитационни модели, целящи формиране на знания и умения по дисциплината. Направен е обзор на съществуващи решения, използващи анимирани модели и симулации на компютърни мрежи.

В Глава 2. „Примерно тематично учебно съдържание по компютърни мрежи и комуникации и методически инструментариум за неговото преподаване“ са включени основните теми от предложения модел за организацията на учебното съдържание по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, изучавана на университетско ниво. Представено е учебно съдържание с включени описания на използваните софтуерни имитационни модели, знанията и уменията, които формират и цели и очаквани резултати от обучението.

В Глава 3. „Експериментално обучение по компютърни мрежи и комуникации в университетско ниво“ са разработени критерии и показатели за диагностика на резултатите от педагогическия експеримент. Разработени са и са апробирани дидактически тестове за оценяване на постиженията на студентите при изучаване на дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“. Получените резултати са обработени и анализирани статистически. Направените изводи потвърждават основната хипотеза на изследването, че онагледяването на теоретичното съдържание по КМК, чрез условноизобразителни и динамични модели, повишава качеството на обучение и подпомага процеса на формиране на знания и умения.

В Заключението са представени постигнатите резултати, основните приноси и публикации за резултатите от дисертационния труд и перспективи за бъдещо развитие на представената работа.

В приложенията са включени дидактическите тестове, използвани в процеса на изследване, резултатите от направения статистически анализ и част от кода на реализирани симулакруми.

Използваната литература включва 126 източника, от които 41 на кирилица и 85 на латиница.

Списъкът на авторските публикации по дисертацията се състои от 5 заглавия.

КРАТКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. ТЕМАТА ЗА КОМПЮТЪРНИТЕ МРЕЖИ И КОМУНИКАЦИИ В УЧЕБНИЯ ПЛАН НА РАЗЛИЧНИТЕ СТЕПЕНИ НА ОБРАЗОВАТЕЛНАТА СИСТЕМА

Областта на изследване е съсредоточена върху средната степен на обучение по информатика (9-12 клас) и основния курс по компютърни мрежи и комуникации във висшите училища. Разгледани са част от учебни програми и практики, свързани с преподаването на компютърните мрежи и комуникации в сферата на средното, профилираното, професионалното и университетското образование по информатика [22][23][39][40][47][55][62][66][67][68][72].

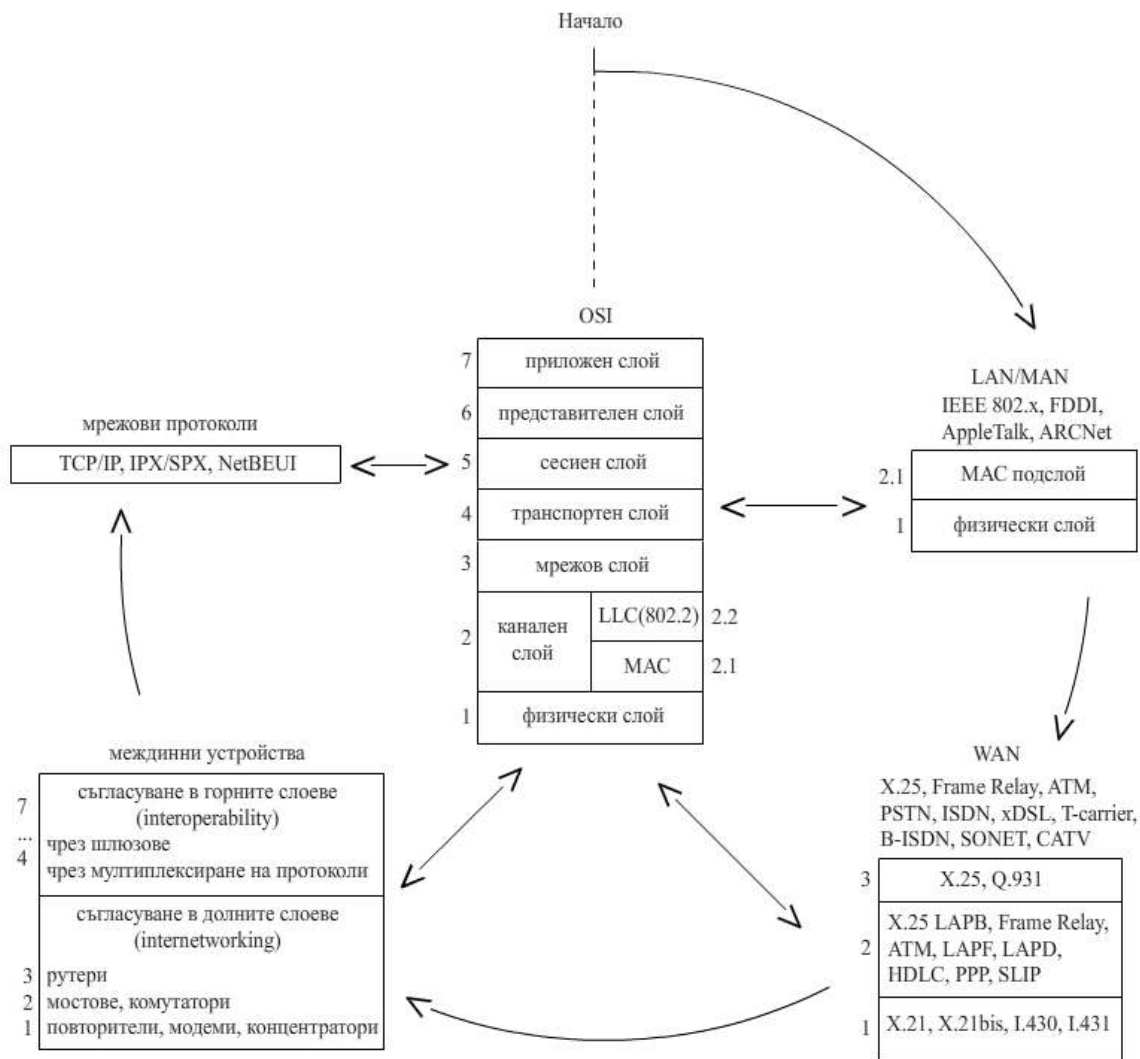
1.1. Актуалност на проблема

В процеса на обучение по предмета „Компютърни мрежи и комуникации“ студентите показват знания за специфични термини от тази област, разглеждайки ги като самостоятелни понятия. Когато терминологията трябва да се отнесе към конкретен концептуален модел, утвърден от международните стандартизиращи организации, се оказва, че студентите не са запознати с него.

Ако се допусне, че по-голямата част от обучаващите се са преминали профилирано обучение в средното образование, в областта на компютърните технологии, то може да се заключи, че използваната методика не е била насочена към усвояване на такава зависимост.

Една от целите на работата е създаване на проект за организация на учебното съдържание и методика за провеждане на обучението по КМК. В теоретичен аспект това може да означава обогатяване на учебното съдържание с концептуалните модели на стандартизиращите организации, за конкретно разглежданата технология. Споделяме мнението, че изучаването на нова и сложна тема като компютърни мрежи е по-лесно ако се започне с теорията и концепциите и плавно се премине към по-конкретните аспекти на реализацията [16]. Този подход за представяне на съдържанието отговаря на основните дидактически принципи за системност, съзнателност и достъпност като гарантира плавен преход при усвояването на основните концепции, свързани с функционирането на компютърните мрежи. На фигура 1 е представена примерна организация на учебното съдържание [32][33][34], включваща разделите в изброената последователност:

1. OSI и DoD (Department of Defense, или TCP/IP) модели;
2. стандартите от серията IEEE 802.x, отнасящи се за физическия и каналния слой на LAN и MAN, FDDI, AppleTalk и ARCNet;
3. WAN технологии – с комутация на пакети (X.25, Frame Relay, ATM), с комутация на канали (PSTN, ISDN, xDSL, T-carrier), B-ISDN, SONET, CATV;
4. междинни мрежови устройства;
5. мрежови протоколи - NetBEUI, IPX/SPX, TCP/IP (стандартни протоколни стека, поддържани от популярни ОС).



фигура 1. Модел на структурата на учебното съдържание по КМК

Темите са съобразени с актуалните мрежови технологии включени в програмите за сертифициране CompTIA Network+ Certification Exam [66], Networking Fundamentals на Novell, CCNA на Cisco [16] и препоръките на ACM Computer Science Curricula [72]. Показани са взаимовръзките между тематиките, указващи необходимостта от съпоставка и отнасяне на елементи от контекста към нивата на OSI модела и обратно. На базата на функционалните нива може да се обясни наличието на различни типове междинни устройства [42], изграждащи подмрежата, както и различните видове адреси.

1.2. Ролята на динамичната нагледност в обучението по КМК

Опитът и наблюденията ни от преподаването на „Компютърни мрежи и комуникации“, в някои висши училища дават възможност да се направи извод, че за представяне на теоретичната част от учебното съдържание най-често се използват:

- от методите за устна комуникация – лекция, обяснение, дискусия и обсъждане;
- метод за работа с документация-проучване на допълнителна литература;
- онагледяване чрез схеми, чертежи, картини, таблици, графики, диаграми.

Прави впечатление липсата на динамични и интерактивни модели за представяне на учебното съдържание, там където е възможно. Това ще осигури така наречената динамична нагледност, която се причислява към реализирането на дидактическия принцип за нагледност в обучението [19]. Един от подходите, който може да осигури такава динамика е създаването и използването на софтуерни имитационни модели (СИМ) [31]. В конкретната разработка се използва като синоним и термина **комуникационен симулакрум**, който идентифицира група от динамични виртуални модели осигуряващи динамична нагледност на основни комуникационни процеси, включени в учебното съдържание. Предназначението му е да формира знания и умения в това направление. Основни изисквания към него са:

- цялостно или частично отразяване на поведението на определен комуникационен процес;
- събитията, предизвикващи промяна в състоянието на системата са заложили предварително при реализацията му;
- представянето да бъде придружено с обяснително съдържание;
- да не е симулация.

Ако трябва да се посочат разликите между комуникационен симулакрум и симулация на комуникационен процес, то второто е с далеч по-разширени възможности. В основата и на двете стои моделът т.е. реалният процес се заменя с по-опростен негов модел. Докато при симулакрума събитията, предизвикващи промяна в състоянието на системата са заложили статично, то симулацията позволява промяна на параметри и събития в изследваната система в реално време. На базата на тези промени може да се изследва нейното поведение. Прилаганите подходи в тази насока са:

- използване на специализирани езици за програмиране като SIMULA [38][54][69], GPSS [46], OPNET [52][53][74] и др.;
- използване на специализирани системи за имитационно моделиране [53][74].

Стандартните етапи, през които се преминава са:

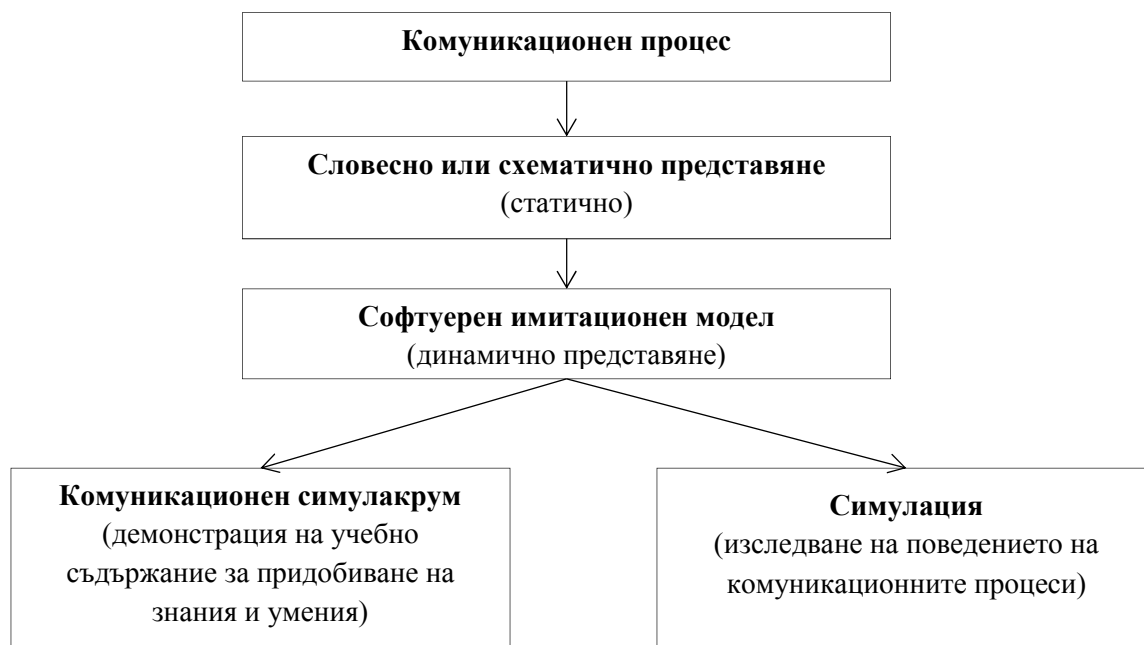
- обобщаване на данни и дефиниране на проблема;
- изграждане и конфигуриране на модел;
- възпроизвеждане на симулация;
- анализ на резултатите;
- корекция на модела (при необходимост);
- вземане на решение.

По-голяма част от тези стъпки липсват при комуникационния симулакрум. Като негови етапи могат да се определят:

- възпроизвеждане на симулакрума;
- проучване на придружаващото го обяснително съдържание (при наличие на последното);
- анализ на резултатите.

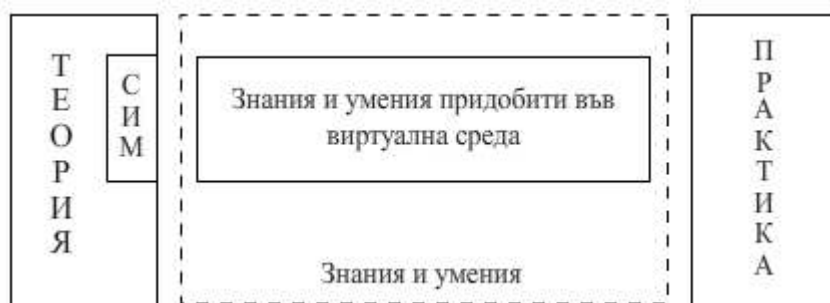
Симулакрумът осигурява динамична визуализация на описанието. Това значително ще улесни представянето на учебния материал по компютърни мрежи и

комуникации от страна на преподавателя, ще ангажира вниманието и интереса на обучаемия и ще създаде предпоставка за улесняване на процеса на усвояване на последователността от събития при конкретен комуникационен сценарий. Една от причините за въвеждането на такъв тип обекти е отчитането на факта, че не всеки преподавател има достатъчно знания и опит, за да използва специализиран софтуер, който да пресъздаде комуникационния процес. Динамични модели, неангажиращи със своята сложност и начин на използване се оказват подходящ вариант за обучение в начален етап по компютърни мрежи и комуникации. На фигура 2 е представена позицията, която заема софтуерният имитационен модел и неговата разновидност - комуникационния симулакрум, при представянето на учебното съдържание.



фигура 2. Позиция на комуникационния симулакрум при представяне на учебното съдържание

Ако средата за наблюдение е признак, по който се определя типа на придобитите знания и умения, то тази част от тях, която е формирана във виртуална среда можем да наречем **знания и умения придобити във виртуална среда** (фигура 3). Такава среда осигуряват разработените комуникационни симулакруми.



фигура 3. Позиция на знанията и уменията придобити във виртуална среда

Дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации” предразполага за изграждането на инструментариум в тази насока. За тази цел е необходимо да се уточнят параметрите на изучавания материал за определяне на системата от опорни

понятия и процеси, позволяващи динамична нагледност. Формализирането им е следващата стъпка от общата схема за постигане на крайната цел.

1.3. Изводи и оценки

1. Представен е модел на структурата на учебното съдържание по КМК (фигура 1) за обучение по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“ в областта на университетското образование по информатика;
2. Темите в предложения модел са съобразени със съдържанието от проучваните документи, литературни източници и практики, отразени в дисертационния труд;
3. Дефиниран е междинен етап на виртуално представяне на учебното съдържание (фигура 3), чрез създаването и използването на софтуерни имитационни модели, в частност комуникационни симулакруми, за формиране на знания и умения в конкретната област.

ГЛАВА 2. ПРИМЕРНО ТЕМАТИЧНО УЧЕБНО СЪДЪРЖАНИЕ ПО КОМПЮТЪРНИ МРЕЖИ И КОМУНИКАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИ ИНСТРУМЕНТАРИУМ ЗА НЕГОВОТО ПРЕПОДАВАНЕ

Организацията на примерното учебно съдържание е съобразена с предложения модел от фигура 1.

2.1. Включени теми

1. Основни понятия от областта на телекомуникациите;
 - 1.1. Основни понятия свързани с физическото разпространение на сигнала;
 - 1.2. Основни понятия свързани с комуникационните системи;
 - 1.3. Основни понятия свързани с комуникационните и компютърните мрежи;
2. Относителен OSI модел;
3. Протоколи;
4. Локални компютърни мрежи - физически и канален слой;
 - 4.1. Стандарт IEEE 802.3 (Ethernet) и неговите разновидности;
 - 4.2. Стандарт IEEE 802.4 (Token Bus);
 - 4.3. Стандарт IEEE 802.5(Token-Ring);
 - 4.4. Стандарт FDDI (Fiber Distributed Data Interface);
 - 4.5. Стандарт IEEE 802.12 (100 VG – Any LAN) – 100 Mb/s;
 - 4.6. IEEE 802.11(Wi-Fi);
5. Глобални компютърни мрежи (WAN);
 - 5.1. Стандарт X.25 (PSDN-Packet Switched Data Network);
 - 5.2. Стандарт Frame Relay;
 - 5.3. Стандарт ATM (Asynchronous Transfer Mode);
 - 5.4. ISDN стандарт;
 - 5.5. Стандарт B-ISDN;
6. Други мрежи с комутиране на канали;
7. Междумрежови комуникации;
8. Комуникационен модел TCP/IP.

2.2. Основни цели

1. Усвояване на основни понятия, свързани с телекомуникациите и компютърните мрежи (не трябва да се смята, че това е изчерпателен речник на всички съществуващи мрежови термини, а по-скоро са понятия, попаднали в границите на изучаваните теми);
2. Запознаване с концептуалния OSI модел за свързване на отворени системи и принадлежащите му понятия услуга, интерфейс и протокол;
3. Запознаване със стандартите за локална комуникация от серия IEEE 802.x, FDDI;
4. Запознаване със стандартите за глобална комуникация - с комутация на пакети (X.25, Frame Relay, ATM), с комутация на канали (PSTN, ISDN, xDSL, T-carrier), B-ISDN, SONET, CATV;
5. Запознаване с междинните устройства, осъществяващи съгласуване на различни нива на хетерогенни мрежи;
6. Запознаване със структурата и адресацията в TCP/IP протоколния стек и формиране на умения за работа с IP адреси, мрежови маски и подмрежи.

2.3. Разпределение по теми на целите и очакваните резултати

| Тема | Цел | Очаквани резултати от обучаемия | |
|------|---|---|---|
| 1 | 1.1 | 1) Формиране на понятия, свързани с физическото разпространение на сигнала; 2) Формиране на умения за пресмятане на стойности на цифров сигнал при зададени дискретни стойности и ниво на квантуване. | 1) да дефинира и обяснява основните понятия, представени в темата: информация, съобщение, сигнал, аналогов сигнал, дискретизиран сигнал, квантуван сигнал, цифров сигнал, преобразуване на съобщението, кодиране на сигнал, модулация; 2) да изброява и обяснява трите операции за превръщане на съобщението в сигнал; 3) да изчислява стойности на цифров сигнал при зададени дискретни стойности и ниво на квантуване. |
| | 1.2 | 1) Формиране на понятия, свързани с комуникационните системи; 2) Формиране на умения за разпознаване на видовете канали по зададени технически характеристики на устройствата по линията. | 1) да дефинира и обяснява основните понятия, представени в темата: комуникационна система, комуникационна линия, комуникационен канал, пропускателна способност, многоканалност, мултиплексиране, честотно деление, времеделение, статистическо деление, мултиплексиране чрез разделяне по дължината на вълната с висока плътност; 2) да изброява различни видове комуникационни системи; 3) да изброява и обяснява различните видове канали, в зависимост от входящия и изходящия сигнал; 4) да определят вида на валиден комуникационен канал по зададена схема и технически характеристики на устройствата по линията; 5) да изброява и обяснява основните характеристики на комуникационния канал; 6) да дефинира и обяснява основни способности за разделяне на каналите; |
| | 1.3 | 1) Формиране на понятия, свързани с комуникационните и компютърните мрежи; | 1) да дефинира, обяснява и разграничава основните понятия включени в темата: комуникационна мрежа, комуникационна подмрежа, компютърна мрежа, комуникационна интермрежа, маршрутизация, комутация, междинни мрежови възли, крайните възли, комутатори/маршрутизатори, комутация на канали/вериги, комутация на съобщения, комутация на пакети, дейтаграмен режим и режим на виртуално съединение; 2) да дефинира и обяснява методите на комутация и областта на прилагането им. |
| 2 | 1) Запознаване с архитектурата на OSI модела, протоколните единици за данни за съответното ниво и елементите за стандартизация. | 1) да обяснява ролята на OSI модела за отворените комуникации; 2) да дефинира и обяснява седемте слоя на OSI модела, тяхната последователност и предлаганите основни функции и услуги; 3) да дефинира понятията: интерфейс, протокол, протоколна единица за данни; 4) да познава и обяснява комуникационния сценарии на OSI модела; 5) да различава действителен и логически поток на данните; 6) да дефинира и обяснява какво е протокол и неговата роля при комуникацията; 7) да дефинира и обяснява какво е протоколна единица за данни (PDU). | |
| 3 | 1) Придобиване на знания за елементите и основните функции на протоколите, поддържаните типове | 1) да дефинира и обяснява елементите на протоколите; 2) да изброява и дефинира различните видове съединения, поддържани от различните протоколи; | |

| | | |
|---|--|---|
| | съединения. | 3) да дефинира и обяснява функциите на протоколите. |
| 4 | 1) Формиране на знания за LAN мрежата, необходимост и ниво на функциониране спрямо OSI модела | 1) да дефинира понятието LAN мрежа; 2) да изброява видовете ресурси за споделяне; 3) да дефинира понятията: сървър, локални и мрежови ресурси, видове ресурси за споделяне, клиенти, работни станции, хостове и възли; 4) да дефинира и обяснява видовете сървъри и тяхното предназначение; 5) да изброява нивата от OSI модела, обхващани от LAN технологията; 6) да разграничава двата вида топология: логическа и физическа; 7) да идентифицира абривиатурите на основните стандартизиращи организации; 8) да дефинира и обяснява най-разпространените топологии и кабелни системи на LAN, техните предимства и недостатъци, нивото от OSI модела, на което съответстват; 9) да дефинира и обяснява двата подслоя на каналния слой, подредбата им и предназначението им. |
| 4 | 4.1 | 1) Придобиване на знания за стандарт IEEE 802.3; 2) Формиране на умения, свързани с реализирането на прав (straight-through) и кръстосан (crossover) кабел. |
| | 4.2 | 1) Придобиване на знания за стандарт IEEE 802.4. |
| | 4.3 | 1) Придобиване на знания за стандарт IEEE 802.5. |
| | 4.4 | 1) Придобиване на знания за стандарт FDDI. |
| | 4.5 | 1) Придобиване на знания за стандарт IEEE 802.12; 2) Придобиване на умения и затвърждаване на знания, свързани с определяне на последователността при обхождане на портовете на концентраторите от различните нива на предложена структура и дефинирани приоритети. |
| | 4.6 | 1) Придобиване на знания за стандарт IEEE 802.11. |
| 5 | 1) Придобиване на знания за най-често цитираните топологии, съществуващи типове комутиране и конкретни технологии, които ги използват. | 1) да изброява и идентифицира определени WAN топологии; 2) да изброява съществуващи типове комутиране и конкретни технологии, които ги използват. |

| | | | |
|---|--|---|---|
| 5 | 5.1 | 1) Придобиване на знания за стандарт X.25. | 1) да идентифицира, обяснява и описва стандарт X.25, протоколи, слоеве, съответствие с нивата на OSI модела. |
| | 5.2 | 1) Придобиване на знания за стандарт Frame Relay. | 1) да познава, обяснява и описва стандарт Frame Relay, протоколи, слоеве, съответствие с нивата на OSI модела. |
| | 5.3 | 1) Придобиване на знания за стандарт ATM. | 1) да познава, обяснява и описва стандарт ATM , протоколи, слоеве, съответствие с нивата на OSI модела. |
| | 5.4 | 1) Придобиване на знания за стандарт ISDN. | 1) протоколи, съответствие с нивата на OSI модела; 2) да дефинира понятията B-канал, D-канал, базов интерфейс (BRI-Basic Rate Interface), първичен интерфейс (PRI-Primary Rate Interface). |
| | 5.5 | 1) Придобиване на знания за стандарт B-ISDN | 1) да дефинира стандарта B-ISDN; 2) да изброява видовете услуги предоставяни от стандарта B-ISDN; 3) да посочва позицията на ATM стандарта в общата схема на B-ISDN; 4) да посочва разликите с ISDN стандарта. |
| 6 | 1) Придобиване на знания за технологии като PSTN, DSL, T-carrier, SONET, CATV. | 1) да дефинира и изброява технологии като PSTN, DSL, T-carrier, SONET, CATV и техните разновидности. | |
| 7 | 1) Придобиване на знания за отделните устройства, осигуряващи съгласуване на мрежи в долните слоеве на OSI модела. | 1) да дефинира типовете съгласуване на мрежи; 2) да изброява отделните устройства и нивата на функциониране спрямо OSI модела; 3) да познава разновидностите на отделните устройства и основните им функции; 4) да обяснява начина на функциониране на устройствата от ниво internetworking; 5) да познава отделните схеми на използване на устройствата. | |
| 8 | 1) Формиране на знания за слоевете, адресацията и основни мрежови протоколи, функциониращи на отделните нива на TCP/IP протоколния стек; 2) Формиране на умения за конфигуриране на мрежи и пресмятане на мрежови адреси. | 1) да дефинира и обяснява слоевете на TCP/IP протоколния стек и отнасянето им към OSI модела; 2) да дефинира и обяснява основни мрежови протоколи, функциониращи на отделните нива; 3) да изброява адресацията, съответстваща на отделните нива 4) да познава структурата на IPv4 адресите; 5) да може да конфигурира мрежи и да пресмята мрежови адреси. | |

таблица 1 Разпределение по теми на целите и очакваните резултати

Всяка една от обхванатите теми предоставя богат набор от комуникационни сценарии за създаване на динамични модели. До момента, с помощта на продукта Adobe Flash Professional, са разработени 22 софтуерни имитационни модела (означени с S1, S2, ...).

2.4. Цели и очаквани резултати на ниво комуникационен симулакрум

| Номер | Наименование | Тема | Цел | Очаквани резултати от обучаемия |
|-------|---------------------------|------------------------|---|--|
| S1 | Импулсно-кодова модулация | Тема.1, Подтема.1.1 | За формиране на знания, чрез онагледяване на понятието аналогов сигнал и операциите дискретизация, квантуване и кодиране, в резултат на което се получава цифров сигнал | <ul style="list-style-type: none"> да дефинира и обяснява понятията сигнал, аналогов сигнал, дискретизиран сигнал, квантуван сигнал, цифров сигнал, кодиране на сигнал; да изброява и обяснява трите операции за превръщане на съобщението в сигнал. |

| | | | | |
|-----|---|------------------------|---|--|
| S2 | Мултиплексиране на канали | Тема.1, Подтема.1.2 | За придобиване на знания, свързани с основните подходи при мултиплексирането на канали - честотно деление (FDM- Frequency Division Multiplexing), времеделение (TDM-Time Division Multiplexing), статистическо деление (SM – Statistical Multiplexing). | <ul style="list-style-type: none"> да дефинира и обяснява основни способности за разделяне на каналите. |
| S3 | Комутация на канали | Тема.1, Подтема.1.3 | За придобиване на знания, свързани с комутацията на канали, съобщения и пакети (дейтаграмен режим и режим на виртуално съединение) | <ul style="list-style-type: none"> да дефинира и обяснява методите на комутация и областта на прилагането им. |
| S4 | Комутация на съобщения | | | |
| S5 | Дейтаграмен режим | | | |
| S6 | Комутация на пакети - режим на виртуално съединение | | | |
| S7 | OSI модел | Тема.2 | Подпомага процеса на разбиране и обяснение на комуникационния сценарий на OSI модела | <ul style="list-style-type: none"> да познава и обяснява комуникационния сценарий на OSI модела; да различава действителен и логически поток на данните |
| S8 | Stop-and-wait ARQ | Тема.3 | За придобиване на знания, свързани с функциите за управление на потока данни между комуникиращи устройства. | <ul style="list-style-type: none"> да познава и обяснява двата метода за управление на потока данни: „старт-стоп“ метод и метод на “плъзгащия се прозорец” |
| S9 | Go-Back-N ARQ | | | |
| S10 | Стандарт T568A | Тема.4, Подтема.4.1 | За формирането на умение и затвърждаването на знание за правилното подреждане на стандартите T568A и T568B | <ul style="list-style-type: none"> да придобие умение за правилното подреждане на стандартите T568A и T568B, осигуряващи възможност за реализирането на прав (straight-through) и кръстосан (crossover) кабел |
| S11 | Стандарт T568B | | | |
| S12 | Възникване на колизия | | | |
| S13 | IEEE 802.4 | Тема.4, Подтема.4.2 | За придобиване на знания, свързани с функционирането на стандарт IEEE 802.4 | <ul style="list-style-type: none"> да познава и обяснява MAC-подслоя на стандарт IEEE 802.4 (протокол и функциониране) |
| S14 | IEEE 802.5 | Тема.4, Подтема.4.3 | За придобиване на знания, свързани с функционирането на стандарт IEEE 802.5 | <ul style="list-style-type: none"> да познава и обяснява MAC-подслоя на стандарт IEEE 802.5 (протокол и функциониране) |
| S15 | FDDI | Тема.4, Подтема.4.4 | За придобиване на знания, свързани с функционирането на топологията двоен кръг и техниката на бързото освобождаване на маркера при стандарта FDDI | <ul style="list-style-type: none"> да познава и обяснява протокола и функционирането на FDDI стандарта. |
| S16 | Договорена скорост (CIR) | Тема.5, Подтема.5.2 | За онагледяване поведението на честотната лента при нормално и увеличено натоварване [знание] | <ul style="list-style-type: none"> да разграничава гарантирана честотна лента, увеличена честотна лента и недостъпна честотна лента при |

| | | | | |
|-----|--|--------|---|---|
| | | | | виртуалните съединения. |
| S17 | Cut-through метод | Тема.7 | За формиране на знания, свързани с начина на функциониране на суич и рутер като представят актуални методи използвани при разработването на тези технологии | <ul style="list-style-type: none"> • да познава разновидностите на отделните устройства и основните им функции; • да обяснява начина на функциониране на устройствата от ниво internetworking |
| S18 | Store and Forward метод | | | |
| S19 | Transparent bridging | | | |
| S20 | NAT функциониране | | | |
| S21 | Процес на договаряне за IP адрес | Тема.8 | За формирането на знания, свързани с предназначението и функционирането на DHCP сървър | <ul style="list-style-type: none"> • да обяснява начина на функциониране на DHCP сървъра и неговите състояния. |
| S22 | Разпределение на времето за отдаване на IP адрес | | | |

Таблица 2 Цели и очаквани резултати на ниво комуникационен симулакрум

2.5. Предназначение на разработените софтуерни имитационни модели

При отчитането на факта, че сигналите в природата са аналогови, а повечето съвременни комуникационно-информационни устройства се базират на цифрови сигнали, от преподавателя се очаква да разясни понятия като: аналогов сигнал, дискретизиран сигнал, квантован сигнал, цифров сигнал, кодиране на сигнал и модулация [21][25][26][35][37]. Динамичният модел с номер S1 визуализира процес, наречен импулсно-кодова модулация (Pulse Code Modulation)[65] и е създаден за демонстриране на изброените понятия и тяхната логическа последователност.

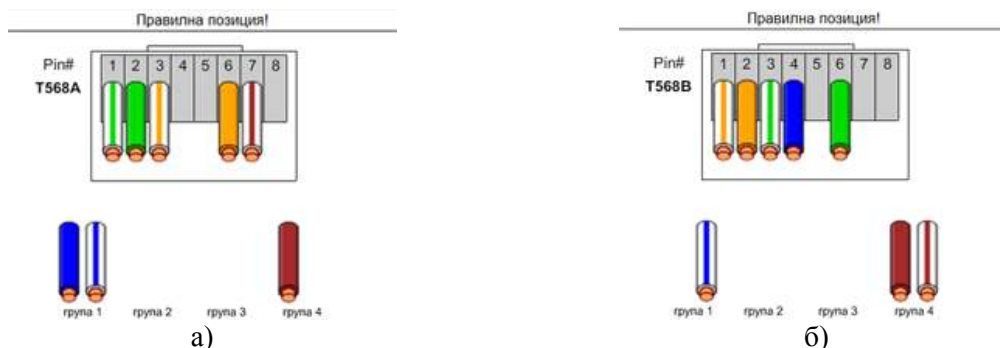
Мултиплексирането е метод за споделяне на обща комуникационна линия от различни потоци от данни [8][16][20][61]. Осъществяването му е възможно чрез няколко подхода: честотно деление (FDM-Frequency Division Multiplexing) [50], времеделение (TDM-Time Division Multiplexing) [60][73], статистическо деление (SM-Statistical Multiplexing) [56] и мултиплексиране чрез разделяне по дължината на вълната с висока плътност (DWDM-Dense wavelength division multiplexing) [51]. Визуализацията е реализирана чрез софтуерен имитационен модел с пореден номер S2.

Представянето на идеята за начина на функциониране на основните видове комутации е постигнато чрез симулакрумите S3 (комутация на канали), S4 (комутация на съобщения), S5 (дейтаграмен режим) и S6 (комутация на пакети - режим на виртуално съединение) [41][49][71].

Под номер S7 е разработена динамична визуализация на действителния поток на протоколните единици за данни (Protocol Data Unit-PDU) между отделните слоеве на OSI модела [16][20]. Обозначени са слоевете и наименованието на съответните единици за данни за всеки един от тях. Визуализацията дава възможност да се проследи движението на PDU в двете посоки като изобразява процеса на капсулиране на протоколните единици на различните нива.

Две от разновидностите на ARQ (Automatic Repeat reQuest) протокола [45], използвани за предаване на кадри и пакети на канално и транспортно ниво от OSI модела са отличени с номерата S8 и S9. Това са „старт-стоп“ методът (Stop-and-wait ARQ) и методът на “плъзгащия се прозорец” (Go-Back-N ARQ).

Уменията на обучаемите могат да бъдат развити с използването на създадените интерактивни приложения S10 и S11, които дават възможност за тестване на знанията, свързани с поставяне на типичните за този стандарт конектори към кабела. Разгледани са двата стандарта T568A (фигура 4а) и T568B (фигура 4б), които осигуряват възможност за реализирането на прав (straight-through) и кръстосан (crossover) кабел.



фигура 4. Подредба по стандартите T568A и T568B

Разясняването на метода на достъп до преносната среда при стандарт IEEE 802.3, означен като множествен достъп с разпознаване на носещата и откриване на колизии (CSMA/CD-Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection) е постигнато с реализацията на S12, където се демонстрира нормално протичаща комуникация между компютри в един колизионен домейн, възникване на колизия и подаването на jam сигнал за потушаването ѝ.

Начинът на функциониране на протокола Token Bus е демонстриран чрез симулакрума S13, където физическата топология е тип „шина“, а комуникацията следва логически кръг, обособен от номерата на крайните възли, подредени в низходящ ред.

За представяне на идеята за функциониране на мрежа от тип IEEE 802.5 (Token Ring) е разработен софтуерен имитационен модел S14. Физическата топология е тип „звезда“ и е постигната чрез концентратор (MSAU), запазващ кръговата топология на протокола.

Динамичната визуализация S15 на стандарта FDDI включва топология „двоен кръг“, функционирането на протокола и техниката на бързото освобождаване на маркера, режимите: предаване на маркер; предаване на данни; промяна на топологията на мрежата, при възникване на неизправност в кабелната система или отпадане на станция [44].

Нагледно проследяване на поведението на честотната лента при нормално и увеличено натоварване при договорената информационна скорост (CIR) за стандарта Frame Relay е реализирано под номер S16.

Следващите четири визуализации са свързани с представянето на ролята и функционирането на устройствата, използвани за съгласуването на две мрежи в долните слоеве на OSI модела (internetworking).

Например, S17 и S18 демонстрират два от основните методи, използвани при функционирането на суич [42]:

- Cut-through (S17) – хедърът на пакета се запомня в буфера на порта. Чете се MAC адреса на дестинацията, който е в началото на кадъра след преамбюла. Определя се по адресната таблица портът за дестинация и резултатът е незабавно препращане към целевия възел, въпреки продължаващото приемане на останалата част от кадъра. Откриването на грешки се извършва от получателя. Методът е създаден, за да намали забавянето в обработката на кадъра (латентният период на суича). Софтуерният имитационен модел, реализиращ този метод демонстрира вариант за предаване на кадър без грешки и с грешка.
- Store and forward (S18) – целият пакет се записва в буфера и се проверява за грешки. При правилно приемане на кадъра се предприема препредаването му към получателя. При грешка кадърът се унищожава. Този метод има по-голям латентен период на суича.

Софтуерният имитационен модел с номер S19 представя функционирането на суич, използващ технологията Transparent Bridging [42]. Тази технология позволява на устройството да получава необходимата информация за отделните възли, участващи в локалната мрежа без да е необходима намеса на администратор. Според Cisco при Transparent Bridging могат да се разграничат пет логически обособени части: обучение (Learning), запитване (Flooding), филтриране (Filtering), пренасочване (Forwarding), стареене (Aging).

Симулакрумът с пореден номер S20 реализира свързаност между LAN и WAN чрез NAT и може да бъде използван за разясняване на функционирането на рутер [43][63][70].

Функционирането на DHCP сървър [57] [58][59] е демонстрирано чрез последните два симулакрума с номера S21 и S22.

2.6. Изводи и оценки

1. Разработено е учебно съдържание по КМК съобразено с предложения модел за организация на учебното съдържание (фигура 1) и методика за неговото преподаване;
2. Създаден е оригинален методически инструментариум, съставен от условноизобразителни и динамични модели, включени в електронно учебно съдържание, представено на адрес - <http://www.intel-bg.com/kmk-lectures/>.

ГЛАВА 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОБУЧЕНИЕ ПО КОМПЮТЪРНИ МРЕЖИ И КОМУНИКАЦИИ НА УНИВЕРСИТЕТСКО НИВО

3.1. Цел и организация на изследването

За получаване на обективна информация за достъпността на предложеното в изследването учебно съдържание и ефективността на разработената методика на обучение е организиран и проведен педагогически експеримент [4][6][30][36]. Целта му е да докаже работната хипотеза, че онагледяването на теоретичното съдържание по КМК чрез условноизобразителни и динамични модели повишава качеството на обучение и подпомага процеса на формиране на знания и умения у обучаемите.

За проверка и евентуално доказване на направената в увода хипотеза се сравняват резултатите от прилагания до момента подход, използващ минимално количество материали за онагледяване и без включени симулакруми и предложената методика, включваща обогатено съдържание на условноизобразителни и динамични модели (включени симулакруми).

Педагогическият експеримент е проведен през учебната 2010/2011 и 2011/2012 година със студенти от ФМИ на ПУ „Паисий Хилендарски”, изучаващи дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“.

Подборът на експериментална и контролна група е на случаен принцип, от административното разделение по курсове, осъществено при записването на студентите. Тъй като разработените условноизобразителни и динамични модели са предназначени за обогатяване и онагледяване на лекционния материал по дисциплината, практически е невъзможно разделянето на групи, което е причина да се използват курсове като такива.

За целта генералната съвкупност са студентите от учебната 2010/2011 и 2011/2012 година, изучаващи дисциплината. Случайната извадка е сформирана на базата на студенти от един курс на специалности на ФМИ на ПУ „П. Хилендарски”. Организиран са следните извадки:

- **Извадка 1** - специалност: Информатика; форма на обучение: задочно; квалификационна степен: бакалавър; брой студенти: 48; тест „А“ : 17; тест „В“: 31; въпроси:17;
- **Извадка 2** - специалност: Софтуерни технологии; форма на обучение: редовно; квалификационна степен: магистър; брой студенти: 20; тест „А“: 12; тест „В“: 8; въпроси:17;
- **Извадка 3** - специалност: Информатика; форма на обучение: редовно; квалификационна степен: бакалавър; брой студенти: 123; тест „А“: 64; тест „В“: 59; въпроси: 17;
- **Извадка 4** - специалност: БИТ; форма на обучение: задочно; квалификационна степен: бакалавър; брой студенти: 32; тест „А“: 16; тест „В“: 16 ; въпроси:17;
- **Извадка 5** - специалност: БИТ; форма на обучение: редовно; квалификационна степен: бакалавър; брой студенти: 61; тест „А“: 32; тест „В“: 29; въпроси:17;

- **Извадка 6 - специалност:** Информатика; *форма на обучение:* редовно; *квалификационна степен:* бакалавър; *брой студенти:*48; *тест „А“:* 20; *тест „В“:*28; *въпроси:* 17;

В изследването участват общо 332 студенти, разделени на две групи: **Група 1** – общо **161** студенти и **Група 2** – общо **171** студенти. Общата бройка във всяка от групите е получена след сумиране на броя на студентите от различните извадки, съответстващи на конкретната група. Проведен е констатиращ експеримент, чийто резултати показват несъществено различие между средния успех от шестте извадки, което ни позволява да заключим, че стартирането на курса се извършва при равни възможности на участващите студенти. За заключителния експеримент са изготвени два варианта на теста, Тест А (за Група 1) и Тест В (за Група 2), различаващи се по данните в условията на задачите. Целта е да се намали вероятността от нерегламентирана намеса от страна на други обучаеми, по време на изпита.

Измерваните учебни цели са обучаемият да може:

1. Да назовава, дефинира и изброява в последователен ред нивата от OSI модела;
2. За всяка посочена протоколна единица за данни да определя нивото от OSI модела, на което принадлежи;
3. Да дефинира, изброява и обяснява всяко посочено основно понятие от тематичното съдържание;
4. Да идентифицира, изброява, дефинира и обяснява посочените стандарти и техните спецификации;
5. Да дефинира и прилага стандартите T568A и T568B, които осигуряват възможност за реализирането на прав (straight-through) и кръстосан (crossover) кабел;
6. Да назовава и изброява в правилен ред нивата на TCP/IP протоколния стек, протоколите и адресите, съответстващи на тези нива;
7. Да изброява класовете IP адреси по стандарта IPv4 и пресмята техните граници;
8. Да конфигурира подмрежи, шлюзове и IP адреси за назначаване;
9. По зададена мрежова маска да определя нейната правилност;
10. За всяко посочено ниво от OSI модела да назовава валидното междинно устройство и да разбира неговото предназначение.

3.2. Критериите и показателите за оценка на резултатите

За оценяване на резултатите от заключителния експеримент са използвани четири основни критерия:

1. **Критерий 1** – Знания, свързани с OSI модела
 - 1.1. Назовава, дефинира и изброява в последователен ред нивата от OSI модела;
 - 1.2. Назовава протоколните единици за данни и определя нивото от OSI модела, на което принадлежат;
 - 1.3. Познава начина на функциониране на OSI модела;
2. **Критерий 2** – Знания и умения, свързани с LAN и WAN
 - 2.1. Дефинира основно понятие свързани с този тип мрежи;
 - 2.2. Идентифицира, изброява, дефинира и обяснява посочените стандарти и техните спецификации;
 - 2.3. Дефинира и прилага стандартите T568A и T568B;
3. **Критерий 3** – Знания и умения, свързани със съгласуваност на хетерогенни мрежи

- 3.1. Да назовава и изброява междинните мрежови устройства и посочва нивото на функциониране спрямо OSI модела;
- 3.2. Да обяснява неговото предназначение и начина на функциониране;
4. **Критерий 4** – Знания и умения, свързани с функционирането на TCP/IP протоколния стек
 - 4.1. Да назовава и изброява в правилен ред нивата на TCP/IP протоколния стек, протоколите и адресите, съответстващи на тези нива;
 - 4.2. Да изброява класовете IP адреси по стандарта IPv4 и пресмята техните граници;
 - 4.3. Да конфигурира подмрежи, шлюзове и IP адреси за назначаване;
 - 4.4. По зададена мрежова маска да определя нейната правилност.

3.3. Анализ на резултатите от заключителния тест

Заключителният тест е проведен за съответните извадки след тримесечен курс на обучение. За доказване на основната хипотезата са обособени две групи - **контролна** и **експериментална група**. Разпределението на извадките по групи е както следва:

- Извадки, използващи лекционен материал с минимално количество материали за онагледяване и без включени симулакруми – Извадка 1, Извадка 2;
- Извадки, използващи лекционен материал с обогатено съдържание на условноизобразителни и динамични модели (включени симулакруми) - Извадка 3, Извадка 4, Извадка 5, Извадка 6.

Представянето е показано в таблица 3.

| Вид група | Включени извадки | Брой студенти | | Общ брой | |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Група 1 (Тест А) | Група 2 (Тест В) | Група 1 (Тест А) | Група 2 (Тест В) |
| Контролна група | Извадка 1 | 17 | 31 | 29 | 39 |
| | Извадка 2 | 12 | 8 | | |
| Експериментална група | Извадка 3 | 64 | 59 | 132 | 132 |
| | Извадка 4 | 16 | 16 | | |
| | Извадка 5 | 32 | 29 | | |
| | Извадка 6 | 20 | 28 | | |
| всичко | | | | 161 | 171 |

таблица 3 Разпределение на извадките по групи

Двата теста осигуряват две успоредни изследвания за потвърждаване или отхвърляне на допуснатата хипотеза.

Хистограмите за всяка една от извадките са представени в *Приложение 2* на дисертационния труд. Към тях е приложена и кривата на нормалното разпределение, определено от съответните му параметри – средна стойност и дисперсия.

3.4. Обработка на резултатите за група 1 (Тест А)

Контролната група е съставена от 29 студенти, а експерименталната от 132. Честотното разпределение на резултатите от баловете на двете групи са представени в таблица 4.

| тест | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | БРОЙ | СР. БАЛ | Усп. |
|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|--------------|------------|
| КОНТРОЛНА ГРУПА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 7 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 29 | 7.79 | 34% |
| ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ГРУПА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 6 | 9 | 15 | 16 | 13 | 17 | 7 | 13 | 10 | 5 | 5 | 132 | 10.67 | 77% |

таблица 4 Честотно разпределение на баловете от тест А

От таблицата се вижда, че разликата на средния бал е 2.87, а на процентите на успешите студенти е 43% (**критерият за успешно положен тест е мин. 9 точки**), в полза на експерименталната група. Тези резултати потвърждават допуснатата хипотеза. Остава да се направи проверка дали тази разлика е резултат от подобрения методически инструментариум или е случайна.

За целта е необходима проверка за нормално разпределение на емпиричните данни на двете сформирани групи, която ще позволи избора на метод за сравнение. При обработка на резултатите с програмата SPSS се установи следното:

- тестът на Шапиро-Уилк, приложен за контролната група-Тест А и предназначен за малки извадки (*Приложение 2, Заключителен тест А, Тест за нормално разпределение на контролна група-Тест А, таблица с наименование „Tests of Normality“*), връща стойност за **Sig.** (степен на значимост) над 0.05 (0.106), **което е достатъчно условие да се направи изводът за нормалното разпределение на тестовите резултати.**
- тестовете на Колмогоров-Смирнов и Шапиро-Уилк, приложени за експерименталната група-Тест А (*Приложение 2, Заключителен тест А, Тест за нормално разпределение на експериментална група-Тест А, таблица с наименование „Tests of Normality“*), връщат стойности за **Sig.** съответно **0.016** и **0.005**, **което е достатъчно условие да се заключи за ненормалното разпределение на тестовите резултати.**

От направените изводи за двете групи следва необходимостта от използване на непараметричен тест за сравнението на резултатите на двете независими съвкупности. За целта сравнителният анализ е направен с U-критерий на Ман Уитни, който връща резултат **,000** за **Asymp. Sig.(2-tailed)** (*Приложение 2, Заключителен тест А, U-критерий на Ман Уитни, таблица с наименование „Test Statistics“*). На базата на този резултат (степен на значимост **< 0,05**) може да се направи заключението, че **разликата между двете измервания не се дължи на случайност, а е резултат от нашите действия. С други думи потвърждаването на нашата хипотеза няма случаен характер.**

3.5. Обработка на резултатите за група 2 (Тест В)

Контролната група е съставена от 39 студенти, а експерименталната от 132.

Честотното разпределение на резултатите от баловете на двете групи са представени на таблица 5.

| тест | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | БРОЙ | СР. БАЛ | Усп. |
|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|------|---------|------|
| КОНТРОЛНА ГРУПА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| В | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 6 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 0 | 1 | 4 | 0 | 39 | 8.64 | 51% |
| ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ГРУПА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| В | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 8 | 9 | 8 | 18 | 15 | 13 | 12 | 15 | 12 | 5 | 4 | 132 | 10.99 | 77% |

таблица 5 Честотно разпределение на баловете от тест В

От таблицата се вижда, че разликата на средния бал е 2.35, а на процентите на успешите студенти е 26% (**критерият за успешно положен тест е мин. 9 точки**), в полза на експерименталната група.

Резултатите за проверка за нормално разпределение на емпиричните данни на двете сформирани групи показват следното:

- тестовете на Колмогоров-Смирнов и Шапиро-Уилк, приложени за контролна група-Тест В (*Приложение 2, Заключителен тест В, Тест за нормално разпределение на контролна група-Тест В, таблица с наименование „Tests of Normality“*), връщат стойности за **Sig.** съответно **0.200** и **0.086**, което е достатъчно условие да се заключи за нормалното разпределение на тестовите резултати.
- тестовете на Колмогоров-Смирнов и Шапиро-Уилк, приложени за експериментална група-Тест В (*Приложение 2, Заключителен тест В, Тест за нормално разпределение на експериментална група-Тест В, таблица с наименование „Tests of Normality“*), връща стойност за **Sig.** съответно **0.003** и **0.004** (степен на значимост < 0.05), което е достатъчно условие да се направи изводът за ненормалното разпределение на тестовите резултати.

Изводите показват, че за сравнение на резултатите на двете независими съвкупности е необходимо използването на непараметричен тест. За целта анализът отново е направен с U-критерий на Ман Уитни, чийто резултат за **Asymp. Sig.(2-tailed)** е **.003** (*Приложение 2, Заключителен тест В, U-критерий на Ман Уитни, таблица с наименование „Test Statistics“*). На базата на този резултат (степен на значимост < **0,05**) може да се направи отново заключението, че **разликата между двете измервания не се дължи на случайност, а е резултат от нашите действия. С други думи потвърждаването на нашата хипотеза няма случаен характер.**

3.6. Изводи и оценки

1. Проведено е педагогическо изследване върху 332 студенти, обособени в две паралелни групи (Група 1 и Група 2);
2. Използвани са два варианта на тест: Тест А за Група 1 и Тест В за Група 2;
3. Направен е апостериорен анализ на заключителните тестове;
4. Получените резултати са оценени чрез софтуера SPSS на IBM, за анализ на резултати от изследвания, използвайки U-критерий на Ман Уитни за две независими извадки за отхвърляне на допускането за случаен характер на резултата;
5. На базата на горепосочените действия и получени резултати можем да заключим следното: **Резултатите от провеждането на паралелните тестове А и В потвърждават хипотезата, че онагледяването на теоретичното съдържание по**

КМК чрез условноизобразителни и динамични модели повишава качеството на обучение и подпомага процеса на формиране на знания и умения.

Допълнителни изводи и оценки

Могат да се направят няколко допълнителни извода на базата на получените резултати. Например, разделянето на експерименталната група на специалности ни дава възможност да проследим въздействието на използваната методика и инструментариум по курсове.

| Извадка | Специалност | Група | Вид разпределение | | Среден бал |
|-----------|-------------------------|---------|-------------------|------------|------------|
| Извадка 1 | Информатика (зад.) | Група 1 | нормално | нормално | 8.22 |
| | | Група 2 | нормално | | |
| Извадка 2 | Софт. Технологии (ред.) | Група 1 | нормално | нормално | 7.82 |
| | | Група 2 | нормално | | |
| Извадка 3 | Информатика (ред.) | Група 1 | ненормално | ненормално | 11.36 |
| | | Група 2 | ненормално | | |
| Извадка 4 | БИТ (задочно) | Група 1 | нормално | нормално | 8.94 |
| | | Група 2 | нормално | | |
| Извадка 5 | БИТ (редовно) | Група 1 | нормално | нормално | 10.97 |
| | | Група 2 | нормално | | |
| Извадка 6 | Информатика (ред.) | Група 1 | нормално | нормално | 10.56 |
| | | Група 2 | нормално | | |

таблица 6 Експериментална група и специалности

Оценката на разпределението за отделните групи и като цяло за специалност е показано в таблица 6. Изчисленията са представени в **Приложение 2**. На базата на тях можем да заключим:

1. Използваната методика и инструментариум гарантира едно постоянно ниво на усвояване на учебния материал от различните специалности (*Приложение 2, Тест на Кръскал-Уолис за сравнение по специалности*).
2. Ниският резултат на специалност БИТ-задочно обучение (Извадка 4, група 2) се дължи на ангажираността на студентите в икономическата сфера и невъзможността да посещават лекционния курс. Полученият резултат от статистическа гледна точка е съпоставим с този на извадките от контролната група, където материалите за онагледяване в учебното съдържание са в минимално количество и отсъстват динамични модели (*Приложение 2, T-тест за сравнение по специалности*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основната хипотеза на дисертационното изследване, че онагледяването на теоретичното съдържание по КМК чрез условноизобразителни и динамични модели повишава качеството на обучение и подпомага процеса на формиране на знания и умения, беше потвърдена от резултатите на проведения педагогически експеримент.

Получената обективна информация доказва достъпността на предложеното в изследването учебно съдържание и ефективността на разработената методика на обучение

Разработеният модел и инструментариум за обучение по компютърни мрежи и комуникации може да обогати съществуващата педагогическа практика при преподаване на дисциплината във ВУЗ.

Перспективи за развитие

1. Разширяване на учебното съдържание по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“ с допълнителни теми, в зависимост от интересите на обучаемите;
2. Разработване на допълнителни условноизобразителни и динамични модели;
3. Включване на инструменти като IT Guru Academic Edition 9.1 и Cisco Packet Tracer за моделиране и симулация на различни мрежови концепции.

Основни научно-приложни и приложни приноси в дисертационния труд

1. Обогатено е и е структурирано учебното съдържание на дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, изучавана във ВУ в рамките на специалности от направление „Информатика“;
2. Предложен е модел за обучение по компютърни мрежи и комуникации във ВУ, базиран на използването на разработени софтуерни имитационни модели (комуникационни симулакруми);
3. Разработено е електронно учебно съдържание по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, включващо всички реализирани модели - <http://www.intel-bg.com/kmk-lectures/>;
4. Предложеният модел е апробиран в обучението на студенти от специалности в областта на информатиката.

таблица 7 Таблица с приноси, цели и задачи

| Принос | Цел | Задачи | Глава от дисертацията | Публикация |
|--------|-----|---------|-----------------------|------------|
| 1 | 1 | 3, 4 | 1, 2 | 2, 3 |
| 2 | 1 | 1, 2, 3 | 1, 2 | 1, 4 |
| 3 | 1 | 4 | 2 | 5, 3 |
| 4 | 1 | 5, 6, 7 | 3 | 5 |

Апробация

Резултатите, получени в изследването, са използвани в следните **международни, национални и университетски проекти**:

1. Университетски научен проект “Междуфакултетен разпределен център за електронно обучение” към звено „Научна и приложна дейност” на ПУ „Паисий Хилендарски“, договор № ИС-М-4/2008, 2008/2010 г.
2. Научен проект НИ11-ФМИ-004 към звено „Научна и приложна дейност” на ПУ на тема: "Разработка и приложение на иновативни ИКТ за провеждане на качествени конкурентноспособни научни изследвания и цялостно осъвременяване процеса на обучение във ФМИ", 2011-2012 г.

Част от резултатите, получени в дисертационния труд, са докладвани на следните **международни и национални конференции**:

1. Национална конференция ”Образованието в информационното общество”, 27-28 май 2010, Пловдив;
2. The Anniversary International Conference, Research and Education in Mathematics, Informatics and their Applications, December 10-12, 2010, Plovdiv, Bulgaria;
3. Национална конференция ‘Образованието в информационното общество, 31 май – 1 юни 2012, Пловдив.

Изнесени доклади на **международни и национални конференции**:

1. Стоицов, Г., Гъров, К., Компютърни комуникации и мястото им в учебния план, Национална конференция ”Образованието в информационното общество”, 27-28 май 2010, Пловдив;
2. Стоицов, Г., Гъров, К., Темата за относителния OSI стандарт в профилираната подготовка по информационни технологии, Национална конференция ‘Образованието в информационното общество, 27-28 май 2010, Пловдив;
3. Stoitsov, G., Types of addresses and levels of use in the TCP/IP protocol stack, REMIA 2010, 10-12 December 2010, Plovdiv;
4. Стоицов, Г., Проект за организация на учебния процес по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, Национална конференция ‘Образованието в информационното общество, 31 май – 1 юни 2012, Пловдив

Електронно учебно съдържание по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, включващо всички разработени модели

Адрес: <http://www.intel-bg.com/kmk-lectures/>, *user:* student, *pass:* Student-111

Благодарности

Издавам сърдечна благодарност на научния си ръководител доц. д-р Коста Гъров за съветите и подкрепата през целия период на работата върху дисертацията.

Благодаря на колегите от катедри „Компютърни технологии“ и „Компютърни системи“ за оказаната помощ и съдействие.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- [1] Стоицов, Г., Гъргов, К., Компютърни комуникации и мястото им в учебния план, Национална конференция "Образованието в информационното общество", 27-28 май 2010, Пловдив, ISSN 1314-0752, с 213-216
- [2] Стоицов, Г., Гъргов, К., Темата за относителния OSI стандарт в профилираната подготовка по информационни технологии, Национална конференция "Образованието в информационното общество", 27-28 май 2010, Пловдив, ISSN 1314-0752, с 217-222
- [3] Stoitsov, G., Types of addresses and levels of use in the TCP/IP protocol stack, REMIA 2010, 10-12 December 2010, Plovdiv, ISBN 978-954-423-648-9
- [4] Стоицов, Г., Проект за организация на учебния процес по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, Национална конференция "Образованието в информационното общество", 31 май – 1 юни 2012, Пловдив, ISSN 1314-0752, с 107-114
- [5] Стоицов, Г., Гъргов, К., Използване на динамични и интерактивни модели за представяне на учебно съдържание по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, сп. „Математика и информатика“, бр.1, 2013 г., ISSN 1310-2230, с.73-83

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Ангелов, А., К. Гъргов, О. Гавраилов, Информатика, учебник за 10 клас на ЕСПУ, изд. Народна просвета, София, 1986 г.
- [2] Ангелов, А., К. Гъргов, О. Гавраилов, Информатика, учебник за 11 клас на ЕСПУ, изд. Народна просвета, София, 1986 г.
- [3] Ангелова, Е., Подготовка на учители за обучение на ученици по информационни технологии. Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ по научна специалност 05.07.03. София, 2010.
- [4] Андреев, М. Процесът на обучението. Дидактика. Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, София, 1996.
- [5] Асенова П., Построение и използване системи задач в курсе алгоритмизации, Russian Academy of Science, Moscow, автореферат дисертации, 1990.
- [6] Бижков, Г., В. Краевски, Методология и методи на педагогическите изследвания. Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, София, 2007.
- [7] Бижков, Г., Методология и методи на педагогическите изследвания. Аскони-Издат, София, 1995 г.
- [8] Бичев Г., Пулков Вл., Мултиплексни системи, „Нови Знания“, София, 2003.
- [9] Гроздев, С., К. Гъргов. За системите от опорни задачи при подготовката за участие в олимпиади по информатика. Комбинирани обекти и алгоритми. Сборник доклади на 37 Пролетна конференция на СМБ, Математика и математическо образование, Боровец, 2-6 април 2008, с. 304-311.
- [10] Гъргов К., А. Рахнев, О. Гаврилов, *Преподаването по информатика в МГ – Пловдив*, сп. „Обучението по математика“, бр. 4, 1986, стр. 10-14.
- [11] Гъргов К., А. Рахнев, О. Гаврилов, *Преподаването по информатика в МГ – Пловдив*, сп. „Обучението по математика“, бр. 2, 1987, стр. 8-11
- [12] Гъргов К., Ст. Анева, Е. Тодорова, Някои нови методически аспекти на преподаването на бази от данни в часовете по информационни технологии в 10. клас, Сборник доклади на Четиридесет и първа пролетна конференция на Съюза на математиците в България, стр. 338-344, Боровец, 09-12.04.2012 г., ISSN 1313-3330.
- [13] Гъргов К., Ст. Анева, Е. Тодорова, Основни учебни дейности при обучението по информационни технологии, Сборник научни трудове, Тридесет и девета пролетна конференция на Съюза на математиците в България, Албена, 2010 г., стр. 313-317.
- [14] Гъргов, К., Задачите в обучението по информатика и информационни технологии, Сборник доклади на Национална конференция „Образованието в информационното общество“, Пловдив, 27-28.05.2010, 95-101.
- [15] Гъргов, К., Теория и практика на подготовката на изявени и талантиливи ученици за участие в олимпиади и състезания по информатика и информационни технологии. Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“, София, 2008.
- [16] Дебра Шиндър, „Компютърни мрежи“, София, 2009 г.
- [17] Дичева, Т., Е. Ангелова, А. Рахнев, *Информационни технологии*, Учебно помагало, Университетско издателство „П. Хилендарски“, 319 стр., 2010, второ издание, ISBN 978-954-423-611-3.
- [18] Дурева, Д., Г. Тупаров, За подготовката на студентите – бъдещи учители по информатика и информационни технологии. Сборник доклади на Национална конференция „Образованието в информационното общество“, Пловдив, АРИО, 26-27 май 2011, стр. 337-341.
- [19] Дурева, Д., Проблеми на методиката на обучение по информатика и информационни технологии. Университетско издателство ЮЗУ „Неофит Рилски“, Благоевград, 2003.
- [20] Иван Ганчев, 'Компютърни мрежи и комуникации, Пловдив, 1999 г.

- [21] Мерджанов П., Телекомуникационни мрежи, „Нови Знания“, София, 2002.
- [22] МОМН, Дирекция „Политика в общото образование“, „Учебни програми III част за ЗП и ЗПП – IX, X, XI и XII клас“, София, 2003 г.
- [23] МОМН, ЗАПОВЕД № РД 09 – 839/20.05.2009,
http://www.minedu.government.bg/opencms/export/sites/mon/top_menu/vocational/exam_programs/2008-2009/5230502-IIIst.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [24] Норенков И.П., “Краткое описание языка GPSS”,
http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3017.mod (последно посетен на 18.03.2013)
- [25] Пенчева Е., Архитектура и управление на телекомуникационни мрежи, ТУ, София, 2005.
- [26] Питър Нортън, „Пълно ръководство за работа с мрежи“, София, 1999 г.
- [27] Рахнев А., *Проблеми на подготовката и подпомагането на учителите по информатика*, Проблеми на обуч. по информ. в ср. училища, св. 2, 1987, стр. 3–7.
- [28] Рахнев, А., Интензификация на обучението по програмиране чрез използване на информационни технологии. Хабилитационен труд за присъждане на научното звание „професор“, София, 2010.
- [29] Рахнев, А., К. Гъров, О. Гаврилов, Ръководство за извънкласна работа по информатика на базата на езика Бейсик, издателство „Печатна база на МНП“, София, 1986.
- [30] Стоименова, Е. Измерителни качества на тестовете, София: НБУ, 2000.
- [31] Стоицов, Г., Гъров, К., Използване на динамични и интерактивни модели за представяне на учебно съдържание по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, сп. „Математика и информатика“, бр.1, 2013 г., ISSN 1310-2230, с.73-83
- [32] Стоицов, Г., Гъров, К., Компютърни комуникации и мястото им в учебния план, Национална конференция ”Образованието в информационното общество”, 27-28 май 2010, Пловдив, ISSN 1314-0752, с.213-216
- [33] Стоицов, Г., Гъров, К., Темата за относителния OSI стандарт в профилираната подготовка по информационни технологии, Национална конференция ‘Образованието в информационното общество, 27-28 май 2010, Пловдив, ISSN 1314-0752, с.217-222
- [34] Стоицов, Г., Проект за организация на учебния процес по дисциплината „Компютърни мрежи и комуникации“, Национална конференция ‘Образованието в информационното общество, 31 май – 1 юни 2012, Пловдив, ISSN 1314-0752, с 107-114
- [35] Стоянова В., Преносни линии и мрежи, „Техника“, 1994
- [36] Стоянова, Ф., „Тестология за учители“, София, 1996 г.
- [37] Цанков Б., Телекомуникации-фиксиран, мобилни и IP, „Нови Знания“, София, 2006.
- [38] A Simula 67 bibliography, <http://folk.uio.no/simula67/bibliography.shtml> (последно посетен на 18.03.2013)
- [39] Capt. Noël Davis, Capt. Scot Ransbottom and Lt.Col. Drew Hamilton, „Teaching Computer Networks Through Modeling”, Electrical Engineering and Computer Science, United States Military Academy, West Point, New York 10996
- [40] Carlos J. Bernardos, Alberto García-Martínez, Celeste Durán, „Computer networking teaching experiences using COTS routers and virtual environments: the UC3M laboratory”,
http://www.it.uc3m.es/cjbc/papers/bernardos_uvil.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [41] Circuit and Packet Switching, <http://klamath.stanford.edu/~molinero/thesis/chapter.2.pdf>
(последно посетен на 18.03.2013)
- [42] Cisco, “How LAN Switches Work”,
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk689/technologies_tech_note09186a00800a7af3.shtml
(последно посетен на 18.03.2013)
- [43] Cisco, “How NAT Works”,
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk648/tk361/technologies_tech_note09186a0080094831.shtml
(последно посетен на 18.03.2013)

- [44] Cisco, “Troubleshooting Fiber Distributed Data Interface”, <http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/troubleshooting/guide/tr1905.html> (последно посетен на 18.03.2013)
- [45] David Haccoun, Samuel Pierre, “Automatic Repeat Request”, http://radio-1.ee.dal.ca/~ilow/4540/readings/crc_ch14.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [46] Deloadvert.com, “Моделирование”, <http://www.compmodel.ru/394/> (последно посетен на 18.03.2013)
- [47] Douglas Comer, “Computer Networks and Internets, 5e”, <http://netbook.cs.purdue.edu/> (последно посетен на 18.03.2013)
- [48] DWDM-Dense wavelength division multiplexing, http://www.ee.columbia.edu/~bbathula/courses/HPCN/chap04_part-3.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [49] Farid Farahmand, Qiong (Jo) Zhang, “Circuit Switching”, http://web.ccsu.edu/technology/farahmand/ccsu/courses/cet543/resources/ch69_circuit_switcing.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [50] Frequency division multiplexing for analogue communications, http://www.crg.cs.nott.ac.uk/~mpc/craven_phd_chap3.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [51] Gerald P. Ryan, “Dense Wavelength Division Multiplexing”, CIENA Corporation, https://aresu.dsi.cnrs.fr/IMG/pdf/dwdm_ciena.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [52] Introduction to Using OPNET Modeler, http://www.sce.carleton.ca/faculty/lambadaris/courses/5001/opent_tutorial.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [53] J. Theunis, P. Leys, J. Potemans, B. Van den Broeck, E. Van Lil and A. Van de Capelle Advanced Networking Training for Master Students Through OPNET Projects, http://www.esat.kuleuven.be/telemic/networking/opnetwork03_johan.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [54] J.Sklenar, “Introduction to OOP in SIMULA”, <http://staff.um.edu.mt/jsk11/talk.html> (последно посетен на 18.03.2013)
- [55] Janitor J., Jakab F., Kniewald K., „Visual Learning Tools for Teaching/Learning Computer Networks: Cisco Networking Academy and Packet Tracer”, 2010 Sixth International Conference on Networking and Services, 351-355 p., 7-13 March 2010
- [56] KooHong Kang, CheeHa Kim, “Performance analysis of statistical multiplexing of heterogeneous discrete-time Markovian arrival processes in an ATM network”, Computer Communications, Volume 20, Issue 11, 15 October 1997, Pages 970–978
- [57] Microsoft, “DHCP Client States in the Lease Process”, <http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc958935.aspx> (последно посетен на 18.03.2013)
- [58] Microsoft, “Rebinding Time Value (T2)”, <http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc977384.aspx> (последно посетен на 18.03.2013)
- [59] Microsoft, “Renewal Time Value (T1)”, <http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc959859.aspx> (последно посетен на 18.03.2013)
- [60] Multiplexing and Demultiplexing, <http://comsci.liu.edu/~jrodriguez/cs154f108/Slides/Lecture5.pdf> (последно посетен на 18.03.2013)
- [61] Multiplexing, <http://www2.cs.uidaho.edu/~krings/CS420/Notes.S10/420-10-06.pdf> (последно посетен на 25.03.2013)
- [62] NET-SEAL, “Networking Animations”, <http://www.net-seal.net/animations.php> (последно посетен на 18.03.2013)
- [63] P. Srisuresh, K. Egevang, “Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)”, <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3022.txt> (последно посетен на 18.03.2013)

- [64] Pulse code modulation standards, <http://www.irig106.org/docs/106-05/chapter4.pdf> (последно посетен на 18.03.2013)
- [65] Quantization and Pulse Code Modulation, http://www2.uic.edu/stud_orgs/prof/pesc/part_3_rev_F.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [66] Richard M. Roberts, "Networking Fundamentals Course Outline & Text Materials", ISBN: 978-1-59070-449-3, 2005
- [67] Rocky K. C. Chang, „An Integrated View of Teaching and Learning for a Foundational Course on Computer Networking”, http://www4.comp.polyu.edu.hk/~csrchang/neted_03_2.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [68] Rocky K. C. Chang, „Teaching Computer Networking with the Help of Personal Computer Networks”, <http://www4.comp.polyu.edu.hk/~csrchang/personalCN.pdf> (последно посетен на 18.03.2013)
- [69] Stein Krogdahl, „Concepts and terminology in the Simula Programming Language“, <http://folk.uio.no/simula67/Archive/concepts.pdf> (последно посетен на 18.03.2013)
- [70] Stoitsov, G., Types of addresses and levels of use in the TCP/IP protocol stack, REMIA 2010, 10-12 December 2010, Plovdiv, ISBN 978-954-423-648-9, с.475-480
- [71] Surasak Sanguanpong, "Switching Network", <http://www.cpe.ku.ac.th/~nguan/presentations/datacom/switch.pdf> (последно посетен на 18.03.2013)
- [72] The Joint Task Force on Computing Curricula Association for Computing Machinery IEEE-Computer Society, "Computer Science Curricula 2013", <http://ai.stanford.edu/users/sahami/CS2013/strawman-draft/cs2013-strawman.pdf> (последно посетен на 18.03.2013)
- [73] Time Division Multiplexing (TDM), http://faraday.ee.emu.edu.tr/eaince/ee360/lecture_notes/LECTURE_NOTES_11.pdf (последно посетен на 18.03.2013)
- [74] Tommy Svensson, Alex Popescu, „Development of laboratory exercises based on OPNET Modeler“, http://staff.ustc.edu.cn/~bhua/experiments/Lab_Exercices_Modeler.pdf (последно посетен на 18.03.2013)