

МОДЕЛИРАНЕ ФОРМИРАНЕТО И ОПТИМИЗИРАНЕТО НА УЧЕБНИ ПЛАНОВЕ

Мариана Петрова

Емилия Тодорова

Процесът на формиране на граф¹ на учебния план не е механично обединяване на логическите мрежи на влизащите в него учебни дисциплини. За да бъде ефективен, този процес той трябва да се осъществява по адекватни на целите правила. Прилагайки такива правила дори само за “слепване” или свиване на логическите мрежи на дисциплините в логическа мрежа на учебен план, може да се изключи значително количество от излишни връзки и възли², съхранявай изискването за логическа последователност в изучаването на целия учебен материал. Това дава възможност за минимизиране логическата мрежа на учебния план. Така с прилагането на подходящи методи и модели, освен изключителната нагледност на разработваната логическа мрежа на учебния план, се опростява и плана. Съществено се намаляват връзките, които подлежат на по-нататъшно отчитане и обработване.

Предпоставка за оптимизиране на учебния план е допускането на възможността при построяването на неговата линейна диаграма той да се

променя. Промяната се реализира чрез изместване на възлите без да се нарушава логическата последователност. Изместване вляво се допуска за тези възли, които са изходи. По този начин информацията в съответните възли ще се формира с изпреварване. Изместване вдясно е възможно само в условията на едновременно преместване възлите и на другите дисциплини, за които даденият възел е “изход” на исканата от тях информация (знания, умения, навици). Входелите с информация допускат изместване на възлите в дясно. Времето между формирането на информацията и нейното използване се увеличава. Изместване на вход вляво е възможно само при едновременното преместване на техните изходи. Свободните възли задължително съответстват на началото или края на изучаването на една или друга дисциплина и се разполагат в началото или края на логическата мрежа. Свободният възел допуска изместване. Ограничения налагат само допустимите значения за интензивно изучаване на дисциплината.

Методите и моделите на процеса за формиране на учебния план трябва да допускат възможни промени както в построяването и в съдържанието на отделните дисциплини, така и в множеството на дисциплините в учебния план. Необходимост от такива промени възниква при конфликтни ситуации, които се провокират от наличието на цикли.

За да се получи минимален граф на учебния план, трябва да се изключат, всички излишни възли и връзки. За тази цел е необходимо да се определят всички двойки възли, които имат еквивалентни връзки. След това за всяка двойка възли да се изключи непосредствената връзка за предаване на информация.

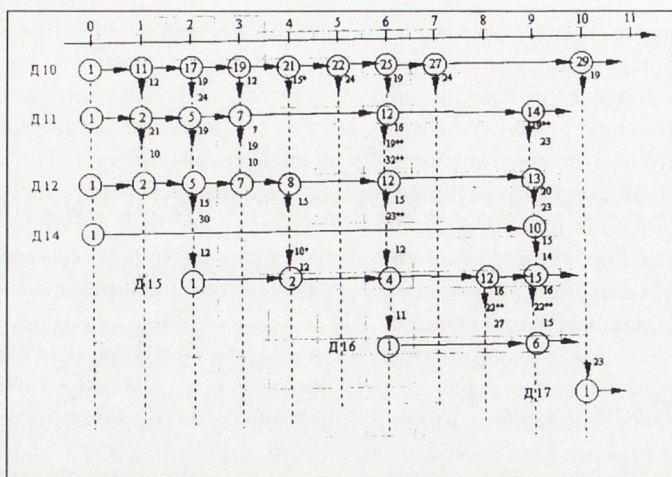
В теорията (на графите) като еквивалентни се определят връзките между два възела, когато те имат различни пъгища³. Например, $D_{10}^6 \rightarrow D_{16}^3$ и $D_{10}^6 \rightarrow D_{12}^4 \rightarrow D_{16}^3$ са еквивалентни. Представените с еднозначен път връзки са непосредствени ($D_{10}^6 \rightarrow D_{16}^3$). Съдържащите многозвенни пъгища връзки са транзитни ($D_{10}^6 \rightarrow D_{12}^4 \rightarrow D_{16}^3$). Разкриването и анализа на еквивалентните пъгища се осъществява в определена последователност.

Създава се таблица на крайните връзки. Тя се преобразува в таблица на минимизираната логическа мрежа на учебния план, изключвайки непосредствените връзки за предаване на информация между два възела (върха), за които има еквивалентни транзитни пъгища, както и отстраняването на излишните възли.

За построяването на логическата мрежа на учебния план е целесъобразно да се използва таблица за формиране на граф. Възможни са два технологични подхода за нейното създаване.

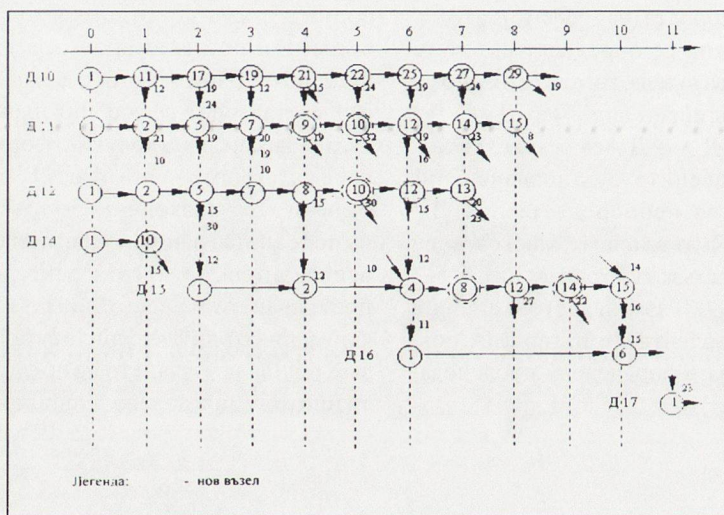
При първия, всички възли се разпределят на границите за предаване на информация (фиг. 1).

Задължително се отчитат свободните възли, съответстващи на първите и последните теми в дисциплините. При втория подход логическата мрежа на учебния план се изгражда с възможно ранно формиране на информацията (фиг. 2). Тя се отличава от предходната по това, че на поредната граница се разполагат всички възли, за които е осигурено постъпването на необходимата информация от другите дисциплини и е завършило изучаването на предшестващите теми в дадена дисциплина.



Легенда: * – пресичащи се връзки (с nasledващ възел)

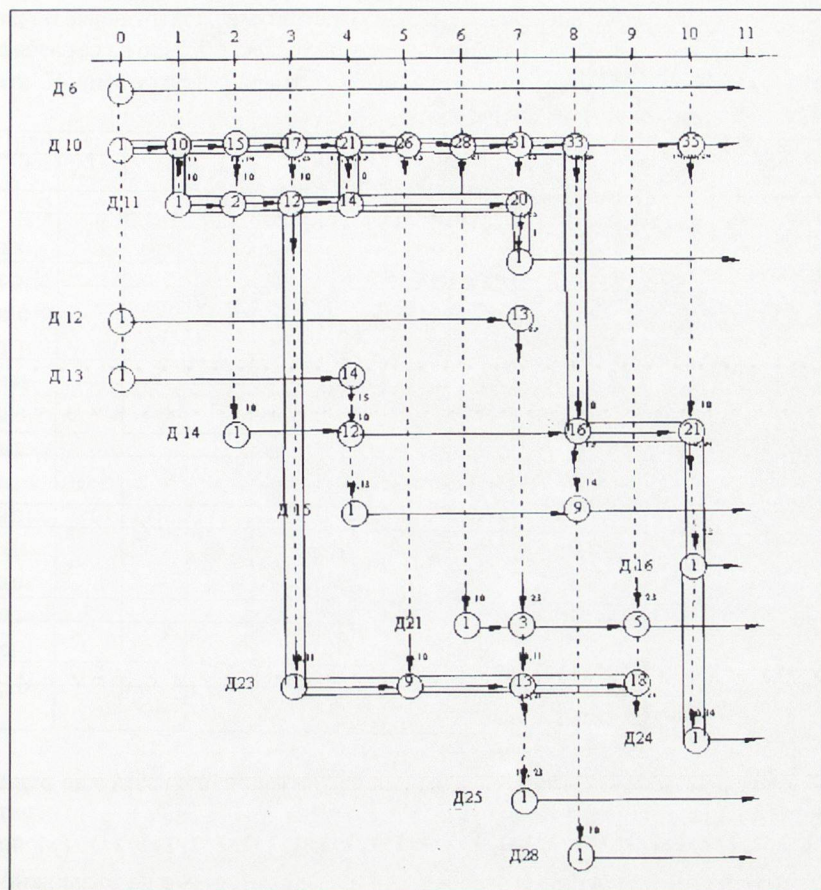
Фиг. 1. Фрагмент от логическа мрежа на учебния план с предаване на информацията на границата



Легенда: ○ – нов възел

Фиг. 2. Фрагмент от логическа мрежа на учебен план с възможно ранно формиране на информацията

Примерна реализация на формирането на логическа мрежа на учебен план е приведена на фиг. 3.



Фиг. 3. Фрагмент от логическа мрежа на учебен план

След построяването на логическата мрежа на учебния план е необходимо да се проверят възможностите за нейната реализация в установения срок за обучение. В случай на превишаване на срока логическата мрежа на плана не може

да бъде реализирана. Трябва да се измени. За целта е необходимо да се определят възможните моменти за възникване на всеки възел, исканото време за реализиране на мрежата и критичния път.

За определяне на възможното време за възникване на възлите в логическата мрежа на учебния план може да се използват известни алгоритми⁴. При голям брой входове и изхо-

ди и при значително количество от връзки, изчисляването на мрежите с тези алгоритми се затруднява. В тези случаи е целесъобразно да се различат мрежата на участъци (фиг. 4).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Д 10	1	11	17	19	21	22	25	27	29			
		12	19	12	15	24	19	24		19		
Д 11	1	2	5	7	9	10	12	14	15			
		21	19	20	19	32	19	23	8			
		10		19			16					
Д 12	1	2	5	7	8	10	12	13				
			15		15	30	15	20				
			30					23				
Д 14	1	10										
		15			12	10	12					
		Д 15	1		2		4	8	12	14	15	
							11		27	22	16	
						Д 16	1					
												23
										Д 17	1	

Фиг. 4. Фрагмент от логическа мрежа на учебен план с възможно ранно формиране на информацията

Въвеждаме означенията:

$T_n(D_n^j)$ – време на възможното начало за изучаване на темата в n -тата дисциплина, съответстваща на j -тия възел;

$T(D_n^j)$ – време на възможното възникване на j -тия възел на n -тата дисциплина;

$T(D_n^j)$ – време на възможното възникване на предшестващия i възел в n -тата дисциплина;

$\lambda(D_n^{ij})$ – продължителност на изучаване темите от n -та дисциплина;

$\lambda(D_n^j)$ – продължителност на изучаване на частта на n -тата дисциплина, съдържаща се между i и j възел;

Времето на възможното възникване на всеки възел се определя от времето на възможното начало за изучаване на съответната тема и нейната продължителност:

$$T_n(D_n^j) = T(D_n^j) + 1(D_n^{ij}) [c] \quad (1)$$

Времето на възможното начало за изучаване на темата, която съответства на j -тия възел и не е вход, зависи само от момента на възникване на предходния i -ти възел и продължителността на изучаване на частта, която се съдържа между посочените възли, т. е. времето за възможно начало за изучаване се определя от момента на завършване изучаването на частта от дисциплината:

$$T_n(D_n^j) = T(D_n^j) + 1(D_n^{ij}) [c] \quad (2)$$

Когато възелът е вход на информация, началото за изучаване на съответстващата му тема е възможно при условие, че са завършили предхождащите части на дисциплината и са оформени всички възли – изходи. Следователно, за намиране времето за възможното начало за изучаване на тема от възела – вход, е необходимо предварително да се определят моментите за възможно възникване на всички негови възли – изходи и времето на завършване на предшестващите части, и да се избере максималното от тях:

$$T_n(D_n^j) = \max [T_n(D_n^i) + 1(D_n^{ij}); T(D_k^u), \dots, T(D_g^h)] [c], \quad (3)$$

където $T(D_k^u), \dots, T(D_g^h)$ – време на възможното възникване на всеки от свързаните с j -тия възел на n -тата дисциплина възли – изходи на информация (k, \dots, g – номера на дисциплини, от които се предава информация в n -тата дисциплина на дадената граница).

Изчисляването на времето за възможното възникване на всички възли на учебния план трябва да се осъществява последователно, преминавайки от граница с малък номер към граница с голям номер.

Анализът на резултатите от изчисленията показва, че ако продължителността за изучаване на дисциплините се определя на основата на максимално допустимата интензивност, намерените значения за времето на възникване на възлите на логическата мрежа ще бъдат минимално възможни. Установяването на найранните моменти за възможно възникване на всички възли на логическата мрежа позволява да се оцени нейната реализуемост в отделеното ѝ време и да се дадат изходни данни за построяване на линейни диаграми.

От друга страна, когато минимално необходимото време за реализиране на мрежата не превишава фактически предоставеното, логическата мрежа на учебния план е реализуема. Очевидно е, че в противния случай, когато минимално необ-

ходимото за реализиране на мрежата време превишава предоставеното време, логическата мрежа не може да се осъществи без увеличаване на установените от катедрите максимално допустими значения за интензивност на изучаваните дисциплини. При това, необходимост от увеличаване на интензивността възниква преди всичко за разположените на критичния път дисциплини или техни части. Ако е невъзможно да се увеличи интензивността на изучаване, е необходимо да се измени множеството на дисциплините, тяхното съдържание и методическото им построяване в учебния план, търсейки решения за реконструкция на логическата мрежа.

Определянето на критичния път започва с възел, завършващ този път. Завършващият възел D_{23}^{18} от фиг. 3. е разположен на деветия рубеж. Намиране пътя за формиране на информацията $D_{23}^{13} \rightarrow D_{23}^{18}$. Единствен предшествващ възел е възелът D_{23}^{13} . Следователно той принадлежи на търсената критическа последователност. Начало за изучаване на тема, съответстваща на този възел, се определя от момента на възможното завършване на предхождащата част на дисциплината, т. к. постъпващата от възлите D_{10}^{31} и D_{11}^{20} информация се формира с изпреварване. Определящ времето за възможното възникване на възела D_{23}^{13} е пътят $D_{23}^9 D_{23}^{13}$. Този път принадлежи (лежи) на критическата последователност. Анало-

гично се установява, че на критичния път са разположени възлите: D_{23}^9 , D_{23}^{13} , D_{11}^{12} , D_{11}^2 , D_{11}^1 , D_{10}^{10} и D_{10}^1 . Критическата последователност, която определя времето за възможното завършване на дисциплината D_{23} има вида:

$$D_{23}^{18} \leftarrow D_{23}^{13} \leftarrow D_{23}^9 \leftarrow D_{23}^1 \leftarrow D_{11}^{12} \leftarrow D_{11}^2 \leftarrow D_{11}^1 \leftarrow D_{10}^{10} \leftarrow D_{10}^1 \quad (4)$$

Необходимата за изчисляването на логическата мрежа на учебния план продължителност на изучаване частите на n -тата дисциплина, разположена между два съседни възела, l (D_n^{ij}), и продължителността за изучаване на съответстващите на възела теми l (D_n^i) зависят както от предоставеното им време за изучаване, така и от интензивността и последователността на изучавания материал.

Въгreshната логика на редица учебни дисциплини позволява да се планират първоначално четене на лекции по всяка тема, а след това последователно практически и лабораторни занятия. При такъв начин на планиране продължителността на изучаване на всяка част от дисциплината се равнява на сумата от продължителността за четене на лекции и продължителността за провеждане на практически и лабораторни занятия, т. е.:

$$\lambda (D_n^j) = \frac{t_{nl}^{jj}}{x_{n3}^{jj}} + \frac{t_{n3}^{jj}}{x_{n3}^{jj}} + \frac{t_{lp}^{jj}}{x_{lp}^{jj}} [c] \quad (5)$$

където $t_{л}^{ij}, t_{пз}^{ij}, t_{лр}^{ij}$ са времената за лекции, практически занятия и лабораторни работи, които са отделени в предшестващия j -ти възел на частта от n -тата дисциплина [час]; $x_{л}^{ij}, x_{пз}^{ij}, x_{лр}^{ij}$ – интензивност в участъка на n -тата дисциплина на лекциите, практически занятия и на лабораторните работи.

По редица причини такава последователност на лекции, практичес-

$$\lambda(D_n^{ij}) = \max \left[\frac{t_{л}^{ij}}{x_{л}^{ij}}, a_{пз}^{ij} + \frac{t_{пз}^{ij}}{x_{пз}^{ij}}, a_{лр}^{ij} + \frac{t_{лр}^{ij}}{x_{лр}^{ij}} \right] - a_{л}^{ij} \quad (6)$$

$a_{пз}^{ij}, a_{лр}^{ij}$ – задържане началото на практическите и лабораторните занятия относно началото на лекциите на ij -я участък на n -тата дисциплина;

$a_{л}^{ij}$ – изпреварване (изместване началото на лекциите вляво относно момента на завършване на предшестващата (предпождащата) част от n -тата дисциплина).

Изпреварващо четене на лекции от последващата част на дисциплината паралелно със завършването на практическите и лабораторните занятия е допустимо при определени условия. Преди всичко то не трябва да противоречи на въз-

ки и лабораторни занятия се практикува рядко. Подавяващо болшинство от случаите занятията се планират паралелно или последователно – паралелно.

В общия случай (фиг. 7) продължителността на изучаване на съдържателните се между i -тия и j -тия възел на n -тата дисциплина се определя от съотношението:

решната логика на конструиране на дисциплината. Формирането на необходимата за следващите части на дисциплината информация трябва да завърши основно в лекциите по предходната част. При такова изместване сумарните интензивности на паралелно провежданите занятия по предходната и по последващата част от дисциплината не трябва да превишават допустимите значения. Величината на изпреварване на разглежданата ij -та част на n -та дисциплина при максимално допустимата интензивност на изучаването ѝ може да се определи със съотношението:

$$a_{л}^{ij} = \left[\begin{array}{l} \lambda(D_n^i) + a_{л}^i - \frac{t_{л}^i}{x_{л}^i}, \lambda(D_n^j) + a_{л}^j - \left(a_{пз}^i + \frac{t_{пз}^i}{x_{пз}^i} \right) + a_{пз}^{ij}, \\ \lambda(D_n^i) + a_{л}^i - \left(a_{лр}^i + \frac{t_{лр}^i}{x_{лр}^i} \right) + a_{лр}^{ij} \end{array} \right] \quad (7)$$

където:

$- a_l^i, a_{пз}^i, a_{лр}^i, t_l^i, t_{пз}^i, t_{лр}^i, x_l^i, x_{пз}^i, x_{лр}^i$ – параметри, определящи продължителността на изучаване на предхождащата i -тата тема на разглежданата дисциплина;

$- a_{пз}^{ij}, a_{лр}^{ij}$ – допустимо задържане на практическите занятия и лабораторните работи за ij -тата част на n -тата дисциплина.

За случаите, когато е възможно да се увеличи задържането на началото на прикритическите занятия и на лабораторните работи, величината на допустимото изпреварване може да се определи с по-просто съотношение:

$$a_{л}^{ij} = \lambda(D_n^i) + a_{л}^i - \frac{t_{л}^i}{x_{л}^i} \quad (8)$$

При формирането на учебния план е целесъобразно да се използва линейна диаграма (фиг. 5). В разглежданият вариант се предполага, че предаването на информация между възлите на графа, обозначени с пунктирани линии – стрелки се осъществява “мигновено”. Тогава, съгласно установената последователност на изучаване, исканото начало за изучаване на взаимосвързаните с другите дисциплини теми се определя от пресичането на линиите рубежи с линейните графици на дисциплините. Знаейки определения обем от време за изучаване темите на дадена дисциплина, които се съдържат между две указани събития, автоматичес-

ки се получава необходимата интензивност за изучаване на дисциплината в този участък. В случаят интензивността се разпределя силно неравномерно. Освен това се колебае рязко и общата натовареност в периода на обучение. Това показва, че е необходимо да се оптимизира учебният план така, че да се постигне равномерна натовареност и приемлива интензивност на изучаване на отделните дисциплини.

Практиката показва, че далеч не всяка мрежа, на която необходимо е време, за реализиране не превишава фактически даденото ѝ време, може да бъде оптимизирана при предварително установена поседмична натовареност на обучаемия. За бързото разкриване на невъзможността логическата мрежа на учебния план да се реализира е целесъобразно неоптимизираният вариант на линейната диаграма да се строи върху основата на получените при изчисляване на мрежата значения за най-ранните моменти за възможното възникване на възлите (фиг. 6). При това на линейния график на дисциплината се нанасят най-ранните положения на възлите – събития. По вертикала на диаграмата се нанасят установените от катедрата максимално допустими значения за интензивност на изучаване за всеки участък. Входовете и изходите на информация (знания, умения, навици) се съединяват с пунктирани стрелки.

В резултат на ограничаване на интензивността на изучаване този метод позволява да се построи по-реален неоптимизиран вариант на линейна диаграма на учебен план. Също така може да се използва логическа мрежа на учебен план, както с предаване на информация на границите, така и с възможно ранно формиране на информация. Освен това сравнително по-леко се откриват случаите, при които не е възможна оптимизация, т. к. възлите – събития за варианта могат да се преместват само надясно. Действително на участъка “18 – 33 седмица” общата натовареност е по-малка от установената, а не е възможно да се увеличи. Следователно, такава мрежа на учебен план не може да бъде осъществена без съответстващи изменения.

Отчитайки изложеното по-горе, е необходимо до оптимизацията да се анализира щателно получената линейна диаграма. При разкриване на неблагоприятните ситуации трябва да се внесат съответстващи корективи в логическата мрежа на учебния план:

- или чрез увеличаване на максимално допустимата интензивност на изучаване за отделни дисциплини;
- или чрез изключване на някои връзки, изменяйки съдържанието и построението (конструкцията) на дисциплини от учебния план.

В разглеждания по-горе вариант изведената неблагоприятна ситуация, каквато е невъзможността да се уве-

личи общата натовареност до установеното равнище, може да се реши по пътя на изключване на връзки между дисциплините Д25 и Д23 и съответни изменения в дисциплината Д25. При това началото на дисциплината Д25 се ограничава само от завършването на дисциплината Д12.

След внимателния анализ на неоптимизирания вариант на линейната диаграма, установяването и оценката на тесните места, неблагоприятността на ситуацията и внасянето на необходимите корективи може да се пристъпи към оптимизиране на учебния план. Целта на оптимизацията е да се постигне, както равномерна натовареност, така и приемлива интензивност. Оптимизацията може да се осъществи, без да се нарушава установената последователност, чрез преместване на възли – събития и изменение интензивността на изучаване на съответни дисциплини. При оптимизирането на учебния план е задължително строго да се спазват указанията и правилата за относително преместване на възлите – събития.

Оптимизацията на анализиранияте варианти на линейните диаграми на учебен план е предоставена на фиг. 7.

Както се вижда от оптимизираната линейна диаграма, изучаването на учебните дисциплини приключва до края на семестъра. Изпитите по тези дисциплини е целесъобразно да се изведат и проведат веднага след

тяхното приключване в специално отделена за целта изпитна сесия.

При оптимизацията на линейните диаграми на учебния план е необходимо също така да се отчита и самостоятелна работа на обучаваните. За това могат да се съставят аналогични диаграми. По този начин самостоятелната работа следва да се планира като съставна част на формираните планове и програми.

Представянето с помощта на матрици, логически мрежи и линейни диаграми на структурите и взаимовръзките на всяка дисциплина и на учебния план в цяло облекчава оценката на качествата на разработените планове и на контрола за тяхното изпълнение. Отразените на логическите мрежи и линейни диаграми взаимовръзки позволяват контрол не само на обема и срока на изпълнение на плановете, но и служат за проверка на съответствието на съдържанието на отделните теми и дисциплини с поставените пред тях цели. Наличието на логически мрежи и диаг-

рами способства за установяването целесъобразността от въвеждане на нови въпроси в една или друга дисциплина.

Графът на учебната дисциплина, нагледно отразяващ връзките на дадена дисциплина с други дисциплини и определящ мястото ѝ в системата за подготовка може да се използва удачно от обучаемите при самостоятелната им работа. Връзките, които показват последващото прилагане на изучавания в дисциплината материал, способстват за повишаване целесъобразността и ефективността на обучението.

Планирането на самостоятелната работа на студентите при формирането на учебния план осигурява рационално разпределяне на усилията на обучаваните за усвояване на учебния материал и придобиване на знания, умения и навици в зависимост от сложността, трудоемкостта и ролята на дисциплината в подготовката на специалиста от съответния профил на специалността.

БЕЛЕЖКИ

¹ *Графа* $G = (V, E)$ се състои от две множества: крайно множество на елементите, наричани върхове, и крайно множество на елементите, наричани ребра (Вж. Свами М., К. Тхуласираман, Графы, сети и алгоритмы, Москва, Мир, 1984).

² В смисъл върхове.

³ *Берж, К.* Теория графов и ее применение. ИЛ, 1962.

⁴ *Кобман, К., Дебайей, Г.* Сетевые методы планирования, Прогресс, 1968.

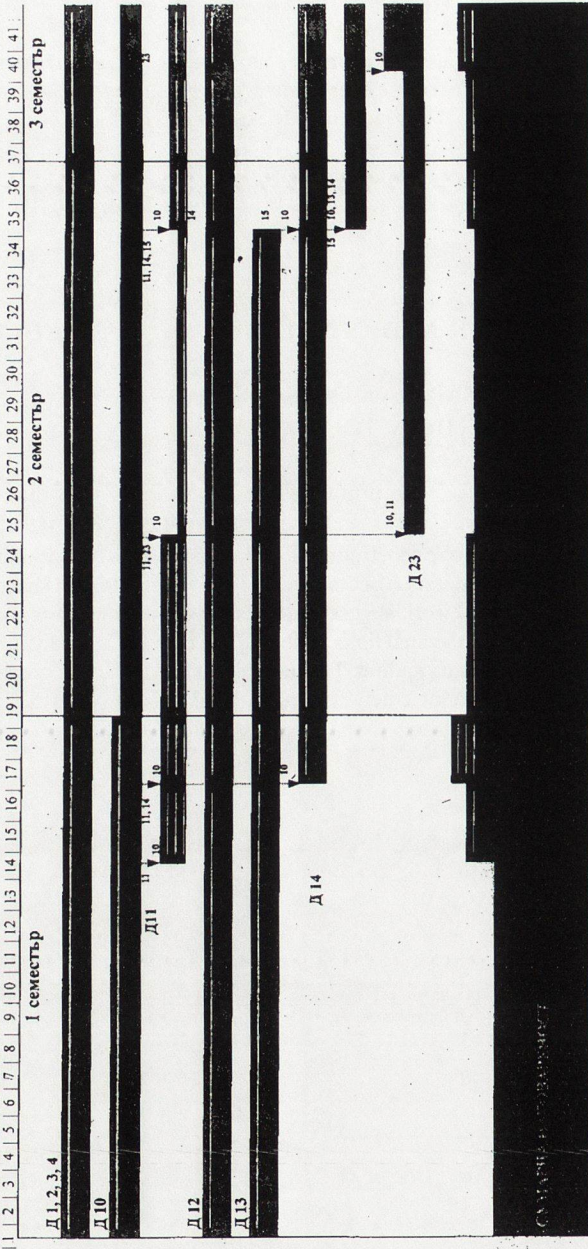
MODELING CREATION AND OPTIMIZING OF CURRICULUM

MARIANA PETROVA
EMILIA TODOROVA

Summary

Abstract. In conditions of intensive penetrating of IT into the process of teaching and learning at all levels of education the question of creation and optimizing curricula becomes especially important. The presented work suggests models for forming and optimizing curricula. For this purpose tables of the final links are built. These tables are transformed into minimized logic network of the curriculum. Technological approaches for creating a table used for the building a graph, a logic network and linear diagrams of curricula are discussed.

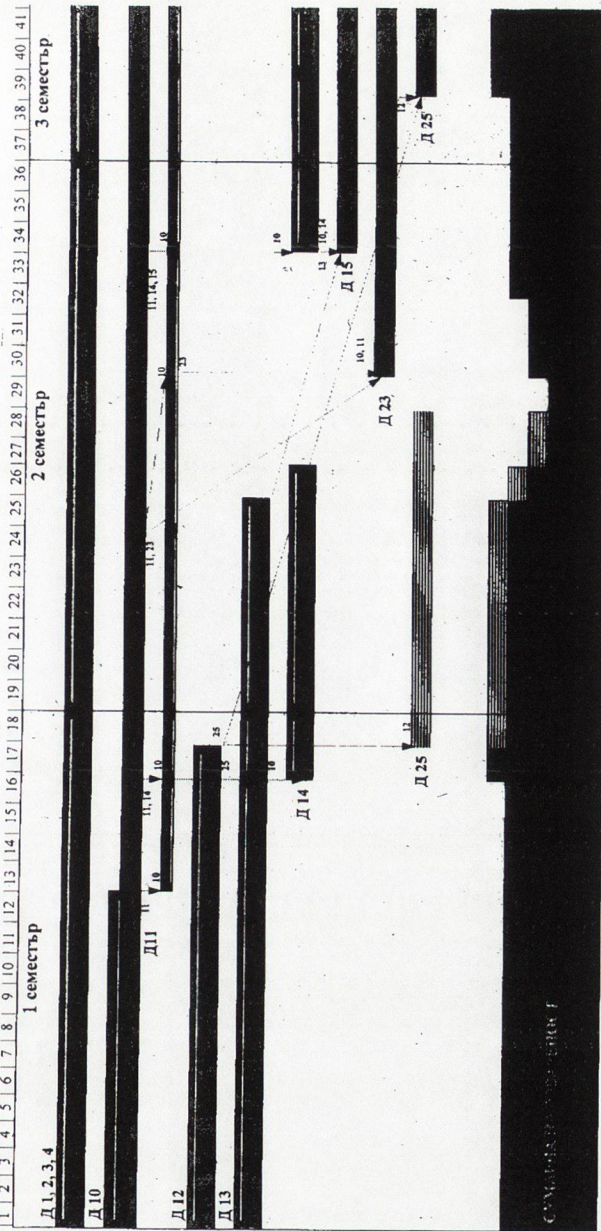
ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ НА ОБУЧЕНИЕТО



- Легенда:**
- преподаване на информация от възел на една дисциплина към възел на друга дисциплина
 - момент на натрупване на информацията в i-тия възел, необходим за преподаване на друга дисциплина
 - необходимият момент за постъпване на информация, необходим за изучаване на n-та тема
 - дисциплини
 - Д1, Д2... дисциплини

Фиг. 5. Линейна диаграма на учебен план (вариант с мигновено преподаване на информацията)

→ ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ НА ОБУЧЕНИЕТО

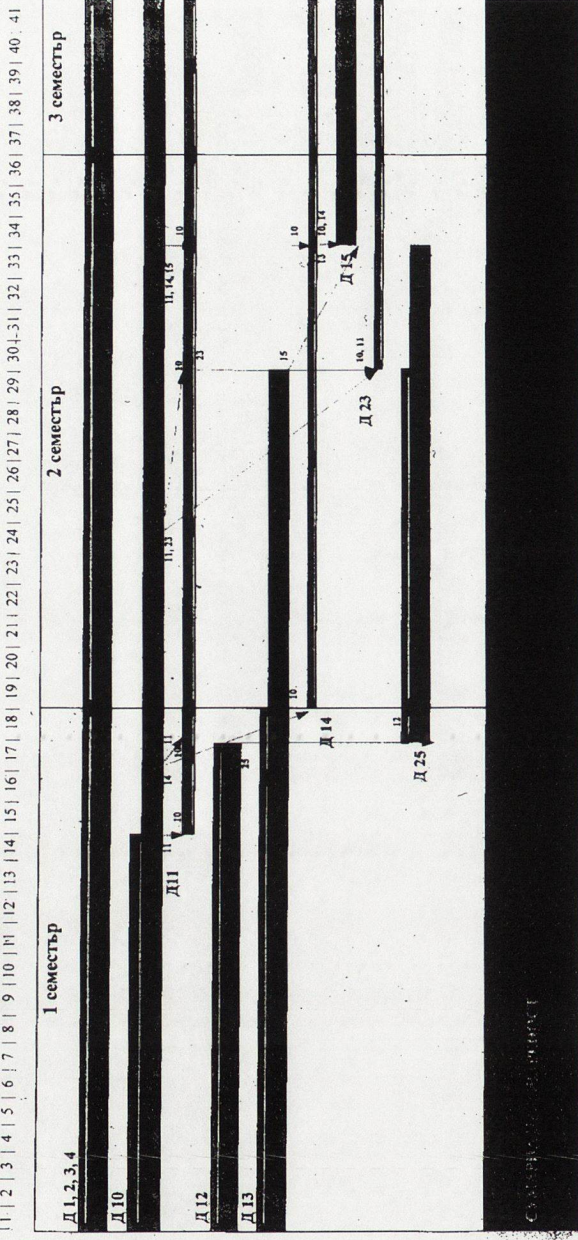


Легенда:

- предаване на информация от възел на една дисциплина към възел на друга дисциплина
- момент на натрупване на информацията в i-тия възел, необходима за предаване на друга дисциплина
- необходимият момент за постъпване на информация, необходима за изучаване на j-та тема
- дисциплини
- Д 1, Д 2

Фиг. 6. Линейна диаграма на учебен план (вариант с максимално допустима интегративност)

→ ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ НА ОБУЧЕНИЕТО



Легенда:

- прераване на информацията от възел на една дисциплина към възел на друга дисциплина
- момент на натрупване на информацията в 1-тия възел, необходима за предаване на друга дисциплина
- необходимият момент за постъпване на информация, необходима за изучаване на 1-та тема
- дисциплини

Фиг. 7. Линейна диаграма на учебен план (оптимизиран вариант)