



**Николай Иванов Николов** е роден в с. Кесарево, Великотърновска област, през 1934 г. Завършил е специалност Аграрна икономика. Шест години работи в ТКЗС с. Николаевска, Варненска област. От 1968 г. е доктор по икономика, от 1990 г. – доктор на икономическите науки. Хабилитира се за доцент през 1974 г., а за професор – през 1991 г.

Преподава дисциплината Математически методи и модели пред студентите от специалност Аграрна икономика на УНСС. Работи основно по проблемите, свързани с приложението на оптимизационни методи в аграрната икономика.



**Мария Маринова Пенева** е родена в с. Попинци, област Пазарджик. През 2001 г. завършва специалност Аграрна икономика в УНСС – София. От месец март 2002 г. е зачислена като редовен докторант към катедра „Агробизнес“ при УНСС по научна специалност Приложение на количествените методи в аграрната икономика.

Научните ѝ интереси са в областта на математическото моделиране, иконометрията, мениджмънта.

## **ЛИНЕЙНОТО ПРОГРАМИРАНЕ ЕФЕКТИВНО МЕТОДИЧЕСКО СРЕДСТВО ЗА РЕШАВАНЕ НА ИКОНОМИЧЕСКИ ПРОБЛЕМИ**

проф. д.ик.н. Николай Николов  
докторант Мария Пенева

### **1. ЦЕЛ НА РАЗРАБОТКАТА**

Линейното програмиране (ЛП)<sup>1</sup> е математически метод (ММ), намерил твърде широко приложение в икономиката. Разработен е от руския математик и иконо-

---

<sup>1</sup> Под наименованието „линейно програмиране“ са обединени различаващи се един от друг методи с обща основа – симплексен метод, разпределителен метод, целочислено ЛП, параметрично ЛП, стохастично ЛП и др.

мист Леонид В. Канторович през 1939 г. За това си постижение през 1975 г. той (съвместно с Т. Купманс) е удостоен с Нобелова награда за икономически науки.

През 60-те и началото на 70-те години на миналия век ЛП се разглеждаше като едно от най-подходящите средства за намиране на обосновани и ефективни решения на множество сложни икономически проблеми. По практическото му приложение работеха стотици научни звена, в т.ч. и в България.

От началото на 80-те години обаче интересът към него започва постепенно да намалява. През 90-те години тази тенденция се задълбочава. Все по-често се чуват гласове, че ЛП няма съществени предимства пред традиционните разчетно-конструктивни методи (РКМ)<sup>1</sup>; че сумарно присъщите му слабости са повече от неговите плюсове.

В настоящата разработка излагаме нашето становище по въпроса: **ДА или НЕ на ЛП в качеството му на методическо средство за решаване на икономически проблеми**<sup>2</sup>. Становище, основано върху опит, натрупан през последните 35 г. при решаване на десетки практически задачи, както и върху специално проведени експерименти.

Тъй като авторите работят в областта на аграрната икономика, примерите са от областта на селското стопанство.

## **2. НЕДОСТАТЪЦИ НА ЛП КАТО МЕТОДИЧЕСКО СРЕДСТВО ЗА РЕШАВАНЕ НА ИКОНОМИЧЕСКИ ПРОБЛЕМИ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ТЯХНОТО ПРЕОДОЛЯВАНЕ**

Според опонентите основните недостатъци на ЛП, омаловажаващи неговото значение, са:

1. Допуска решения, в които размерите на различните дейности са *десетични* числа. Това означава, че може да се получи решение, предвиждащо построяването на 1,5 обора; закупуване на 2,6 комбайна и т. н.

2. Предполага линейни зависимости, а в действителност връзките между фактори и резултати много често са *нелинейни*. Например: ако първите 10 кг амониева селитра увеличават добива от 1 дка пшеница с 40 кг, вторите 10 кг ще го увеличат с 30 кг/дка, а третите – да речем с 11 кг/дка.

3. Не дава възможност да се вземе под внимание ефектът от увеличаващия се размер на дадено производство – например при работа с него трябва да се приеме, че средният добив от пшеница и необходимите разходи за получаването му са *едни и същи независимо дали се предвижда отглеждането на 1, 10, 100 или 1000 дка*.

4. При работа с ЛП трябва да се приеме, че потребността от ресурси за осъществяването на единица производство и количеството на продукцията, получавана от него, *не зависят от присъствието или отсъствието на други про-*

<sup>1</sup> Под „традиционни разчетно-конструктивни методи“ разбираме методи, имащи за основа икономическата логика, балансовите разчети, четирите аритметични действия и електронния калкулатор.

<sup>2</sup> Тук и по-нататък имаме предвид само онези икономически проблеми при решението, за които се счита, че приложението на ЛП е възможно и целесъобразно.

*изводства в предлаганото решение.* Например: приема се, че разходът на минерални торове за получаване на определен добив пшеница е един и същ независимо дали се предвижда отглеждане на бобови култури (успоредно с пшеницата), които не само че не намаляват съдържанието на азот в почвата, но и го увеличават.

5. *Действителността е много по-сложна от това, което може да бъде отразено в една икономико-математическа задача (ИМЗ), решавана с методите на ЛП.* Затова получените решения не са решение на реалния икономически проблем, а на съответната ИМЗ.

Не може да не се съгласим с критиката по тези 5 пункта. Посочените слабости могат да доведат до разработване на „оптимални“ решения, които, приложени в практиката, вместо да подобрят резултатите биха ги влошили. Успоредно с това сме дълбоко убедени, че *неблагоприятното отражение на посочените недостатъци може да бъде избегнато или поне смекчено* до напълно приемлива степен.

Използването на ЛП при решаване на икономически проблеми предполага да се разработи икономико-математически модел (ИММ) на решавания проблем или, иначе казано, решаваният проблем да бъде сведен до математическа задача (МЗ), която запазва неговата същност и може да бъде решена с метода на ЛП. Именно при разработката на тези задачи може да се вземат мерки, щото негативното влияние на посочените недостатъци на ЛП да се неутрализира напълно или да се сведе до приемливо равнище. Без да разглеждаме подробно тази страна на проблема, ще маркираме някои от тези възможности.

**Недостатък № 1** може да бъде неутрализиран напълно, като МЗ, до която е сведен съответният икономически проблем, бъде решена с метода на целочисленото програмиране. За целта трябва да се посочат дейностите, върху които да се наложи изискване за целочисленост – например иска се неизвестните, означаващи броя на оборите и броя на комбайните, да бъдат цяло число – 0, 1, 2, 3 и т.н. По този начин се изключва възможността да се получи решение, предвиждащо построяването на 1,5 обора или закупуването на 2,6 комбайна. Броят на оборите ще бъде 1 или 2, а на комбайните – 2 или 3.

Разглежданият недостатък може да бъде елиминиран и по друг начин. След като се получи решение, предвиждащо построяването на 1,5 обора, задачата се решава още два пъти – първия път се добавя ново ограничение, изискващо неизвестната, означаваща броя на оборите, да бъде равна на 1, а втория път – да бъде равна на 2. Възприема се решението, при което резултатите са по-добри. При въведена в компютъра задача предлаганата процедура не представлява затруднение.

**Недостатък № 2**, по чиято линия ЛП търпи най-голяма критика, може да бъде преодолян чрез някои „хитрини“, използвани при разработката на съответната ИМЗ. Например за да се даде отговор на въпроса за оптималната доза азотен тор при отглеждане на пшеницата – като се отчете в много голяма степен нелинейната връзка между добив и торова норма, пшеницата се включва в ИМЗ чрез няколко неизвестни, означаващи: площ на неторена пшеница, площ на пшеница, торена с 10 kg/gka, площ на пшеница, торена с 20 kg/gka, и т.н.

Технико-икономическите нормативи, характеризиращи „различните пшеници“, ще са различни – добивът от неторената пшеница ще бъде примерно 150 kg/gka;

от пшеницата, торена с 10 kg/gka амониев тор – 190 kg/gka; от пшеницата, торена с 20 kg/gka – 220 kg/gka, и т.н. Различни ще бъдат и разходите за отглеждането на „различните пшеници“. Така става възможно да се отчетат в много голяма степен нелинейните връзки между различни параметри в една линейна задача.

**Недостатък № 3** може да бъде преодолян, като съответното производство бъде включено в ИМЗ посредством няколко неизвестни, означаващи брой единици с различни размери и върху всяка единица се наложи изискване за целочисленост. Например ако предварителните анализи показват, че площта на пшеницата може да варира от 500 до 2000 gka, целесъобразно е културата да бъде въведена в ИМЗ с няколко неизвестни, означаващи: пшеница с размер 500 gka; пшеница с размер 1000 gka и пшеница с размер 2000 gka. Колкото повече са тези неизвестни, толкова по-точно може да бъде отчетен ефектът от размера на производството. Върху всяка от тези неизвестни се налага изискването за целочисленост. Разходите за *единица площ* при различните неизвестни ще бъдат различни – най-вероятно те ще бъдат най-големи за неизвестната, означаваща най-малкия размер на съответното производство (пшеница 500 gka), и най-малки за неизвестната, означаваща най-големия размер на това производство (пшеница 2000 gka).

**Недостатък № 4** се неутрализира, като при разработката на ИМЗ се отразят по адекватен начин връзките между зависимите производства.

Добивът и разходите за торене при културата пшеница зависят твърде много от присъствието на фасул. Фасулът обогатява почвата с азот и намалява чувствително потребността от азотни торове; той освобождава площта рано и позволява да се извърши качествена предсеитбена подготовка и навременна сеитба. За да се отчете тази връзка, пшеницата се въвежда в ИМЗ чрез няколко неизвестни, отчитащи ролята на предшественика – например: площ на пшеница, засявана след пшеница; площ на пшеница, засявана след царевица и слънчоглед, и площ на пшеница, засявана след фасул. Всяка от тези пшеници ще се характеризира с различни добиви и разходи, отразяващи влиянието на предшественика. Разбира се, в задачата се формулират и съответните ограничения, изразяващи връзката между зависимите производства: площта на пшеницата, отглеждана след фасул, е  $\leq$  на площта на фасула и т. н.

**Недостатък № 5.** Понякога действителността е толкова сложна, че наистина не може да бъде отразена адекватно в съответната ИМЗ, независимо колко голяма е тя. Считаме обаче, че в повечето случаи е възможно тя да бъде отразена с *достатъчна* за целта адекватност, позволяваща да се получи ефективно и практически приложимо решение.

Във всеки случай действителността може да бъде отчетена много по-добре в една ИМЗ, отколкото в разработка, осъществявана посредством РКМ. Всичко, което може да бъде отчетено при работата с РКМ, може да бъде взето под внимание при разработката на съответната ИМЗ, но не всичко, което може да бъде взето под внимание при работата с ЛП, може да бъде отчетено при работа с РКМ. Например при разработката на даден проблем с помощта на ЛП е възможно да се отчете *комплексното* влияние на всички фактори и условия, от които зависи решението му, и на тази основа да се намери възможно най-доброто решение на този проблем. При работа с РКМ това практически е невъзможно.

След всичко казано по-горе закономерно възниква въпросът: *ако присъщите недостатъци на ЛП могат да бъдат неутрализирани чрез разработката на съответната ИМЗ, защо твърде често при работа с него се получават неприемливи решения, отстъпващи по много показатели на решенията, разработени с помощта на РКМ?*

Според нас отговорът на този въпрос трябва да се търси в 3 направления:

1. Разработки, осъществявани с помощта на ЛП, могат да имат успешен край само ако се извеждат от *отлично подготвен специалист едновременно в няколко различни области*. Той трябва да познава отлично възможностите на ЛП, неговите слабости и начините за тяхното преодоляване; основите на икономико-математическото моделиране; възможностите на използваната електронноизчислителна техника (ЕИТ); да познава много добре икономическата и технологичната страна на решавания проблем и накрая да има зад гърба си поне 10 – 15 практически разработки, от които 4 – 5 успешни. Практиката показва, че този *комплексен* специалист не може да бъде заменен от няколко лица, всяко от които високкоквалифицирано в своята област, т.е. въпросният комплексен специалист не може да бъде заменен от група специалисти, включваща: математик, информатик, икономист и технолог или технолози. Той може да ползва помощта на споменатите тесни специалисти, но не може да бъде заместен от тях. А за да може да ползва успешно знанията на тесните специалисти, самият той трябва достатъчно добре да познава техните области.

Такива комплексни специалисти трудно се създават и затова са съвсем малко. С приложение на ЛП обаче са се занимавали стотици и техният принос в дискредитирането на ММ (в т.ч. и на ЛП) като средство за решаване на сложни икономически проблеми е „неоценим“. След няколко несполучливи опита тези привърженици на ММ предпочитат да стоварят несполуките си върху съответния метод, отколкото да потърсят причините в себе си дори и тогава, когато са осъзнавали недостатъчната си квалификация за работа с един толкова сложен методически инструмент.

*Прекалено големите квалификационни изисквания за успешно приложение на ЛП и трудното им удовлетворяване са първата от значимите причини за непрекъснато намаляващия интерес към него.* „Майсторлъкът“ в това отношение се постига след дългогодишна подготовка и множество практически разработки.

2. В сравнение с РКМ ЛП изисква *много повече и много по-качествена информация*. Малки неточности и пропуски в това отношение могат да компрометират дадена разработка. Достатъчната – като количество и качество, информация за работата с РКМ най-често се оказва недостатъчна за работа с ЛП. При работа с ЛП решението на даден проблем зависи в най-голяма степен от логиката, заложена в числените значения на използваните технико-икономически нормативи и ограничения, докато при работата с РКМ тази логика отстъпва на здравия смисъл и натрупания опит.

Преди години трябваше да разработим производствената програма на голямо кооперативно стопанство с помощта на ЛП. Същата задача трябваше да реши и икономически екип на стопанството, но с помощта на РКМ. На двата колектива беше предоставена една и съща информация, в която нормативът „разход на човекодни (ч/дни) за прибиране на 1 дка малини“ беше сгрешен – вместо вяр-

ното „22 ч/дни“ там беше записано „2,2 ч/дни“. В нашата разработка малините „влязоха“ в производствената програма с около 10 000 гка, а в разработката на другия колектив те бяха около 800 гка. Нашето предложение беше посрещнато със снизходителното: „Ние не можем да приберем 700 гка, а вашите математически методи ни препоръчват 10 000 гка“. Анализът на ситуацията ни отведе до сгрешения норматив. След корекцията му – от „2,2“ на „22“, се получи решение, в което площта на малините беше около 600 гка. Пресмятанията, които направихме, показаха, че ако действителният разход на труд за прибирането на 1 гка малини е 2,2 ч/дни, тогава очевидно тази култура би била най-ефективната за стопанството, би могла да заеме 10 000 гка, което пък би позволило да се утрои размерът на очакваната печалба, т.е. би трябвало да се приеме и приложи решението, получено в първия ни вариант. Възниква въпросът: щом като при норматив „2,2 ч/дни/гка“ малините са очевидно най-ефективната култура и щом като този норматив позволява отглеждането на 10 000 гка от нея, защо икономическият екип на кооперативното стопанство не е отчел изгодата от реализацията на тази възможност? Логиката, заложена в норматива „2,2 ч/дни“, предполага отглеждането на хиляди декари малини. Вместо това се предлагат 800 гка. Защо? Защото местните специалисти от опит знаят, че максималната площ, която *реално* може да се прибере, е 700 – 800 гка. Именно поради това сгрешеният норматив не води до „смешните“ 10 000 гка. Сигналите, излъчвани от сгрешения норматив (за отглеждане на хиляди декари малини), са напълно заглушени от сигналите, идващи по линията на опита и здравия смисъл. Обратно, при работа с методите на ЛП *меродавни са единствено сигналите, излъчвани от числените значения на технико-икономическите нормативи и зададените ограничения* (десните страни). Затова там е нужна достатъчна и прецизно разработена информация. *Осигуряването ѝ обаче се оказва изключително трудна задача.*

*Прекалено големите изисквания към количеството и качеството на необходимата информация и налагащите се поради това компромиси са втората значима причина, допринесла за разочарованието от ЛП в качеството му на методическо средство за решаване на сложни икономически проблеми.*

3. Ползата от ЛП и ЕИТ може да се почувства най-добре само ако е *създадена свършена организация на целия процес по приложението им* – събиране и обработване на необходимата информация; съставяне на съответните ИМЗ; решение и анализ на получените решения. Само тогава е възможно да се намали многократно разходът на труд и време, необходими за решаване на различните икономически проблеми. Липсва ли такава организация, приложението на ЛП в икономиката изисква повече труд и време от приложението на РКМ, което в много случаи или обезсмисля използването му, или го прави по-неконкурентоспособен в сравнение с други методи особено когато има проблеми с квалификацията на изпълнителите и качеството на събраната информация.

*Създаването на желаната организация е трудна задача, изискваща много време, средства и интелектуални усилия.* Нещата се усложняват още повече, като се има предвид, че тази организация трябва да се осъществи под ръководството на онези висококвалифицирани специалисти, за които казахме, че са изключително дефицитни. Това според нас е *третата причина, която възпрепятства бързото и широко навлизане на ЛП в практиката.*

Посочените три причини силно задържат навлизането на ЛП в икономическата област и силно намаляват неговата ефективност. Бихме могли да обобщим така: ***успешното приложение на ЛП в икономиката предполага несравнимо по-продължителна и сложна предварителна подготовка за създаване на необходимите и достатъчни условия от тази за успешното приложение на РКМ.***

Не се ли извърши тази предварителна подготовка за осигуряване на необходимите условия (кадрови, информационни и организационни), по-добре да не се прибегва към „услугите“ на ЛП, по-добре да се използват РКМ.

За да доизясним казаното, ще използваме съответна аналогия. Нека приемем, че посевите може да бъдат напръскани по два начина – с гръбна пръскачка и със самолет. Съвсем просто и лесно е да се осигурят условията за успешно извършване на работата по първия начин – нужни са инструктаж в рамките на 5 – 10 минути, пункт за направа на разтвора и цистерна за транспортирането му. Несравнимо по-сложно е осигуряването на необходимите условия за успешното приложение на втория начин – нужни са скъпоструващ самолет, пункт за зареждане, писта, несравнимо по-голяма и точна информация – за агрометеорологичните условия, за работата на системите на самолета и накрая нужен е високкоквалифициран изпълнител, който може да пилотира самолет от съответния клас; познава детайлно всички системи на машината; умее да разчита показанията на съответните уреди и да реагира адекватно на тях; в състояние е да съобразява работата с агрометеорологичната обстановка и т.н.

Успешното прилагане на втория начин предполага подготвен специалист, който не може да бъде обучен за няколко дни, седмици или месеци. За да може да изпълни успешно задачата, летецът трябва да е минал скъпа, продължителна и успешна подготовка.

Самолетното пръскане е несравнимо по-сложен начин на работа. Но ако са налице всички условия за успешното му осъществяване, той е за предпочитане, защото осигурява по-бързо, по-качествено и по-евтино изпълнение. Ако обаче за целта се използва несигурна техника и/или летци без нужната подготовка, то без съмнение самолетното пръскане ще бъде дискредитирано за съвсем кратко време.

### **3. ЛП ИЛИ РКМ ПРИ РЕШАВАНЕ НА СЛОЖНИ ИКОНОМИЧЕСКИ ПРОБЛЕМИ?**

Дотук изразихме становище, че недостатъците и причините, които задържат приложението на ЛП при икономически изследвания, е ***възможно да бъдат неутрализирани и преодолени***. Твърдението има за основа многогодишния ни опит и редица успешни разработки на групи изследователи.

Тук възниква още един изключително важен въпрос: *ако се осигурят всички горепосочени условия за успешно приложение на ЛП, ще се получат ли решения, които действително превъзхождат решенията, получени с РКМ?*

Специални изследвания по този въпрос не са правени, а са нужни.

В следващите страници на нашата разработка е направен опит да се осветли именно тази страна на проблема.

ЛП се използва обикновено за решаване на сложни<sup>1</sup> икономически проблеми, при които трябва да се отчете комплексното влияние на множество взаимнозависими фактори и условия. От гледна точка на ефективността на ЛП при решаването им те могат да бъдат разделени на две групи: **детерминирани** и **стохастични**. Детерминирани ще наричаме проблемите, чиито параметри (техничко-икономически нормативи, цени, ресурси, граници на допустимо вариране и други условия ...) са точно определени, а стохастични – проблемите, при които част от параметрите имат вероятностен характер, тъй като зависят от неопределени фактори.

Във връзка с това е редно да се отговори: *дали ЛП има предимства пред РКМ при решаване както на детерминирани, така и на стохастични икономически проблеми и в какво се изразяват те.*

Отговорите на тези въпроси представлява значим научен и практически интерес и ние ще се опитаме да ги намерим по експериментален път.

### 3.1. Решаване на детерминирани проблеми с помощта на РКМ и ЛП

Проблемът за определянето на дажбите на селскостопанските животни е един от типичните проблеми, спадащ към първа група. Именно него ще поставим в основата на експеримента<sup>2</sup>.

Приемаме, че:

1. Трябва да се разработят дневни дажби за крави с дневна млечност 10, 15 и 20 литра и живо тегло 600 килограма.
2. Известни са фуражите и добавките, които е възможно да бъдат закупени, техните цени и съдържанието на хранителните компоненти в тях.
3. Знаят се условията, с които трябва да са съобразени дневните дажби на трите групи крави.

Използвани са услугите на двама зоотехници. Всеки сам за себе си посочи:

- ✓ съдържанието на хранителни компоненти в единица от различните фуражи и добавки (табл. 1 и 2);
- ✓ изискванията, на които трябва да отговарят дажбите на трите групи крави (табл. 3 и 4).

Вижданията им по тези въпроси се оказаха твърде различни, а в някои отношения и твърде спорни. Не беше направен опит за промени, тъй като различията – дори и необосновани, не биха могли да се отразят неблагоприятно върху качеството на експеримента.

Всеки от въпросните специалисти разработи с РКМ дажби за трите групи крави въз основа на собствените изисквания и информация (табл. 5). Стремежът беше да се разработят дажби, отговарящи *най-пълно на поставените от тях изисквания и с възможно най-ниски цени.*

<sup>1</sup> Колкото повече са променливите величини, свързани с даден проблем, факторите и условията, с които трябва да бъде съобразено търсеното решение, толкова по-сложен е той.

<sup>2</sup> Експеримента е изведен от абсолвентката Даниела Гегова под ръководството на проф. Н. Николов през 2002 г.

Същите дажби при същите условия бяха разработени и с помощта на ЛП (табл. 5).

Дажбите, съставени с помощта на двата метода, бяха сравнени по показателите:

1. Цена на дажбата.
2. Необходимо време за съставяне на дажбата.
3. Отклонения на дажбата от предварително поставените изисквания.

Дневните дажби, разработени с ЛП въз основа на информацията и изискванията на специалист 1 (табл. 5, колони 3, 5 и 7), струват съответно 0,23, 0,33 и 0,19 лв. по-малко в сравнение с дажбите, разработени с РКМ (табл. 5, колони 2, 4 и 6). Дневните дажби, разработени с ЛП въз основа на информацията и изискванията на специалист 2 (табл. 5, колони 9, 11 и 13), струват съответно 0,86, 0,82 и 0,74 лв. по-малко от дажбите, разработени с РКМ (табл. 5, колони 8, 10 и 12).

В първия случай снижението на цените на дажбите, разработени с помощта на ЛП, в сравнение с тези, разработени с РКМ, е много по-малко, отколкото във втория. Обяснението: изискванията, поставени от първия специалист (табл. 3), *в много по-голяма степен предопределят състава на дажбите*, отколкото изискванията, поставени от втория специалист (табл. 4). В първия случай изискванията са много по-строги, т.е. възможностите за вариране в количествата на фуражите, включвани в дажбата, са много по-малки, отколкото във втория.

Това дава основание за твърдението, че при проблеми с приблизително еднаква сложност ефектът от приложението на ЛП в най-голяма степен зависи от характера на ограничителните условия. Колкото те са по-строги, по-фиксиращи, толкова ползата от ЛП е по-малка.

Ако си позволим да определим *средната цена* на шестте дажби, съставени с помощта на ЛП, и *средната цена* на шестте дажби, съставени с помощта на РКМ, бихме получили съответно 2,29 и 2,81 лв., т.е. средната цена на дажбите, получени с помощта на ЛП, е 18,5 % по-ниска от средната цена на дажбите, получени с помощта на РКМ.

Конкретното изследване за сетен път потвърди резултати, наблюдавани при десетки други подобни разработки – наши и на наши студенти и специализанти, направени при подготовката на техни курсови или дипломни работи. Там почти винаги се е оказвало, че цените на дажбите, разработени с помощта на ЛП, са с 10 % – 30 % по-ниски от цените на дажбите, разработени с РКМ.

Всичко това дава основание да се твърди, че *по отношение на показателя „цена на дажбата“ предимството на ЛП е безспорно*.

От табл. 5 се вижда, че времето, изразходвано за съставяне на една дажба с РКМ, варира от 310 до 380 минути – средно 348 минути.

По-трудно е да се определи колко време се изразходва за разработването на отделните дажби с ЛП. Съставянето на дажба с помощта на ЛП предполага: 1) разработване на съответни ИМЗ; 2) въвеждане на задачата в компютър и 3) решаване на задачата.

В конкретния случай ИМЗ за определяне състава на дажбата за една група крави беше разработена средно за 112 минути (при предварително подготвена информация); въвеждането ѝ в компютъра отне средно 71 минути; за проверка и отстраняване на грешки бяха изразходвани средно още по 17 минути. Самото

решение е въпрос на части от секундата. Рекапитулацията показва, че за съставянето на една дажба с ЛП са изразходвани средно 200 минути (срещу 348 минути с РКМ).

Тук са нужни някои допълнителни пояснения. За разработката на една дажба с ЛП наистина са нужни 200 минути, но само тогава, когато тя се осъществява като *самостоятелна* задача, включваща в пълен обем работите, предвидени в посочените по-горе етапи – съставяне на ИМЗ, въвеждане в компютъра, проверка и отстраняване на евентуални грешки.

Всъщност технологията за решаване на подобни проблеми е по-различна. Има множество начини, които дават възможност времето, необходимо за съставянето на една дажба с ЛП, да се намали многократно – да речем 10 – 20 и повече пъти.

Например възможно е да се разработи *една-единствена ИМЗ*, с помощта на която да се съставят дажбите на всички групи крави, при това многократно (всеки път, когато е необходимо). Повече от 90 % от елементите на ИМЗ за различните групи крави са едни и същи. Достатъчно е да се променят 15 – 20 технико-икономически коефициента и/или десни страни в ИМЗ за определяне дажбата на крави с дневна млечност 10 литра, за да се превърне тя в ИМЗ за определяне дажбата на крави с дневна млечност 15 или 20 литра. Корекциите се правят във въведената вече в компютъра основна ИМЗ. Отнемат максимум 5 – 10 минути.

Ако в основната задача бъдат включени *абсолютно всички* фуражи и добавки, които е възможно да се доставят през различните периоди на годината, тази задача може да бъде ползвана в продължение на няколко години. Съвсем елементарно е при разработката на дажбите да се изключат фуражите, които не могат да бъдат осигурени през даден период.

В този случай трудът и времето, необходими за разработването на ИМЗ, за въвеждането ѝ в компютъра, за проверка и отстраняване на евентуални грешки (посочените по-горе 200 минути), се влагат *еднократно*. За разработването на всяка следваща дажба ще са необходими не повече от 5 – 10 минути.

Ако се приеме, че с помощта на една основна задача могат бъдат разработени годишно 100 различни дажби, средно *общото* време, изразходвано за една дажба, няма да надвишава 10 минути, т.е. ще бъде поне 20 – 30 пъти по-малко от времето, необходимо за разработване на една дажба с РКМ. *Следователно и по показателя „необходимо време за съставяне на дажбата“ предимството на ЛП е очевидно.*

Тук може да има още една гледна точка. За да се разработи балансирана и съобразена с изискванията дажба с РКМ са нужни 4 – 5 часа. Ако в стопанството се отглеждат 5 – 6 групи животни, за съставяне на дажбите им би трябвало да се работи в продължение на 20 – 30 часа. Толкова време никой не би отделил и не отделя. Това е причината на практика дажби, отговарящи на основните изисквания на науката за хранене на селскостопанските животни, да не се разработват. Това е причината най-често дажбите да се определят „на око“. Поради голямата трудопоглъщаемост на РКМ той не се прилага в практиката, което означава, че животните не се хранят с балансирани и пълноценни дажби и че стопанствата непрекъснато консумират произтичащите от това негативи.

Сравнението между дажбите, разработени с РКМ, и тези, разработени с ЛП, показва, че последните са съобразени с абсолютно всички предварително поставени изисквания, докато дажбите, разработени с РКМ, в редица случаи се отклоняват от тези изисквания (вж. таблици 3, 4 и 5). Тези отклонения са неизбежни, защото практически е малко вероятно с РКМ да се намери комбинацията, която удовлетворява напълно всички изисквания. Тук задачата е да се намери комбинацията от фуражи и добавки, при което отклоненията от поставените изисквания са приемливи. И в това отношение дажбите, разработени с ЛП, превъзхождат дажбите, разработени с РКМ.

Изводи:

- ✓ ЛП е изключително подходящо методическо средство за решаване на детерминирания проблем за определяне на дажбите на селскостопанските животни;
- ✓ в сравнение с РКМ предимствата му са безспорни.

### 3.2. Решаване на стохастични проблеми с помощта на РКМ и ЛП\*

Проблемът за определянето на производствената структура (ПС)<sup>1</sup> на земеделските стопанства (ЗС) е един от типичните стохастични проблеми, защото някои от основните параметри са вероятностни величини – средните добиви на отглежданите култури са вероятностни величини, тъй като в най-голяма степен зависят от множество случайни агрометеорологични фактори (валежи, температури, градушки, ветрове, късни пролетни и ранни есенни студове и т.н.); го известна степен вероятностен характер има и продуктивността на селскостопанските животни, както и цените, по които се реализира получената селскостопанска продукция.

Привържениците на ЛП твърдят, че в сравнение с РКМ то е несравнимо по-ефективният метод и че именно той трябва да се използва, когато става дума за определяне на ПС на ЗС. Основанията – почти винаги ПС на ЗС, разработвани с помощта на ЛП, се оказват 10 % – 30 % и повече по-ефективни от ПС на същите ЗС, разработени с РКМ. *Според нас тези резултати все още не са достатъчно доказателство, за да се приеме безспорно, че ЛП е по-подходящият метод за решаване на проблема за определяне ПС на ЗС (в по-общ план за решаване на стохастични проблеми).* Защо? При твърдението, че ЛП е по-ефективният метод за определяне ПС на ЗС, се изпуска нещо изключително важно, а именно: *изходните (прогнозираните)<sup>2</sup> нормативи (главно добиви и реализационни цени), въз основа на които се определят ПС, се приемат за детерминирани величини, а те не са таки-*

\* Тази част е разработена от М. Пенева.

<sup>1</sup> Да се определи ПС на ЗС, означава да се определят площта на културите, броят на животните и размерът на другите дейности, които то трябва да отглежда и развива, за да постигне максимален икономически резултат.

<sup>2</sup> Изходни (прогнозирани) – добивите и цените, които са използвани при разработката на ПС на даденото ЗС.

ва, те са вероятностни величини. Действителните (фактическите)<sup>1</sup> добиви и цени, които ще се получат или формират през плановата (плановите) година(и), за която (която) е разработена оптималната ПС, почти никога няма да бъдат равни на изходните. Това ще рече, че почти винаги оптималната ПС, определена въз основа на прогнозираните добиви и цени, няма да е оптимална при фактическите добиви и цени. На фактическите добиви и цени би съответствала друга оптимална ПС, различна от намерената въз основа на изходните параметри. Иначе казано, възможно е ПС, намерена въз основа на изходните параметри, да се окаже в действителност неоптимална и с много по-ниска ефективност от предварително изчислената. Ако продължим разсъжденията в същата посока би могло да се каже, че е възможно ПС, намерена с РКМ въз основа на изходните параметри, да се окаже в действителност много по-ефективна от предварително определената ефективност, а защо не и по-ефективна от тази, намерена с помощта на ЛП? В този смисъл има основание за съмнение по отношение на твърдението, че ЛП дава възможност да се разработят ПС, които ще осигуряват по-високи реални резултати от ПС, разработени с РКМ.

За да се даде отговор, доколко повдигнатият въпрос омаловажава ефективността на ЛП като инструмент за определяне на ПС на ЗС, трябва да се проведат съответните изследвания – експерименти, тъй като не е възможно по теоретичен път да се намери търсеният отговор.

За целта въз основа на една и съща изходна информация беше разработена ПС на  $N^{omo}$  и  $M^{omo}$  ЗС с помощта на РКМ и метода на ЛП.

Първо, използвайки РКМ, бяха разработени две твърде различни ПС за  $N^{omo}$  ЗС с различна икономическа ефективност (табл. 6 – I и II вариант). Прилагайки метода на ЛП, беше разработена трета ПС за същото ЗС (табл. 6). Икономическата ефективност на тази трета ПС, измерена с показателя печалба, е по-висока от икономическата ефективност на ПС, разработени с РКМ, съответно със 7,07 % и 35,32 %<sup>2</sup>.

Ако действителните добиви и цени през следващите години не се различаваха от изходните, без колебание бихме могли да кажем, че ПС на  $N^{omo}$  ЗС, разработена с ЛП, ще осигурява по-голяма печалба от ПС, разработени с РКМ.

Както вече отбелязахме, усложнението идва от обстоятелството, че през следващите години фактическите добиви и цени ще са различни от изходните. Следователно няма гаранция, че за определен период ПС, разработена с метода на ЛП, ще осигури сумарно по-добри резултати от ПС, разработени с РКМ. Няма солидни основания да се твърди, че ЛП е методът, който трябва да се предпочита при решаване на въпроса за ПС на ЗС. Няма основания обаче да се твърди и обратното.

За да се даде аргументиран отговор на въпроса, кой от двата метода е за предпочитане, бяха решени следните задачи:

а. За всяка култура беше определен интервалът, в който е възможно да варира нейният добив в зависимост от агрометеорологичните условия. Определена бе-

<sup>1</sup> Действителни (фактически) – добивите и цените, които се получават реално през съответната година.

<sup>2</sup> Съществени различия между ПС, разработени с РКМ, се дължат на квалификацията и различните гледни точки на техните автори.

ше и вероятността, с която се появяват различните добиви. Беше прието например, че добивът от пшеницата може да варира от 200 kg/gka до 500 kg/gka, като вероятността да се получат 200 kg/gka е 20 %; добив от 300 kg/gka може да се очаква с вероятност 40 %, а добивите 400 kg/gka и 500 kg/gka – съответно с вероятност 30 % и 10 % (табл. 7) <sup>1</sup>;

б. За всеки продукт, получаван в ЗС (въз основа на минал опит и чрез методите на прогнозирането), бяха определени интервалът, в който може да варира неговата цена, и вероятността, с която се очакват тези цени (табл. 7).

в. С метода „Монте Карло“ <sup>2</sup> бяха определени по 30 случайни комбинации от: 1) изходни цени и фактически добиви; 2) фактически цени и изходни добиви и 3) фактически цени и фактически добиви поотделно за ПС, разработени с РКМ, и за ПС, разработени с метода на ЛП (табл. 8). Тези комбинации трябва да се разглеждат като добивите (цените), които ще се случат през следващите 30 години.

г. Беше проследено каква би била икономическата ефективност на разработените ПС (въз основа на изходните добиви и цени) при всяка една от трийсетте комбинации от добиви, цени и едновременно добиви и цени. С други думи, установихме каква би била икономическата ефективност на ПС през следващите 30 години, ако през този период се получат добивите (цените) от трийсетте случайни комбинации, определени с помощта на метода Монте-Карло (табл. 9). В резултат на проведеня анализ може да се направи изводът, че **средно за целия разгледан период в абсолютно изражение ПС, разработена с метода на ЛП, осигурява получаването на по-висока печалба в сравнение с ПС, разработени с РКМ**, като за отделните случаи е, както следва:

- ✓ при изходни цени и фактически добиви икономическата ефективност на ПС, разработена с ЛП, е по-висока от тази на РКМ I вариант и РКМ II вариант съответно с 3,18 % и 24,00 %;
- ✓ при фактически цени и изходни добиви тази разлика е съответно 15,89 % и 42,79 %;
- ✓ при фактически цени и фактически добиви – съответно 11,05 % и 32,70 %.

Въз основа на проведеня аналогичен експеримент за М<sup>омо</sup> ЗС (в което се отглеждат по-малко на брой култури и се отчитат по-малък брой лимитиращи условия) се провери още веднъж достоверността на направените изводи. За целта въз основа на *една и съща изходна информация* за М<sup>омо</sup> ЗС с помощта на РКМ бяха разработени две ПС с различна икономическа ефективност (табл. 10 – I и II вариант), а с помощта на метода на ЛП – трета ПС (табл. 10). Икономическата ефективност на тази трета ПС, измерена с показателя печалба, е по-висока от икономическата ефективност на ПС, разработени с РКМ, съответно със 11,27 % и 5,45 %.

<sup>1</sup> Добивите, реализационните цени, интервалите, между които може да варира, и вероятността, с която се появяват, не са резултат от конкретно изследване. Те са симуирани, което по никакъв начин не омаловажава или изкривява получените на тази основа резултати.

<sup>2</sup> Методът позволява при зададени интервали на възможно вариране и вероятност, с която се случва всеки добив и цена, да се имитира неопределеността на агрометеорологичните и пазарните условия.

След това:

а) за всяка култура беше определен интервалът, в който е възможно да варира нейният добив в зависимост от агрометеорологичните условия. Определена беше и вероятността, с която се появяват различните добиви (табл. 11);

б) за всеки продукт, получаван в ЗС, бяха определени интервалът, в който може да варира неговата цена, и вероятността, с която се очакват тези цени (табл. 11);

в) с метода „Монте Карло“ бяха определени по 30 случайни комбинации от добиви и цени поотделно за ПС, разработени с РКМ, и за ПС, разработени с метода на ЛП (табл. 12). Тези комбинации трябва да се разглеждат като добивите (цените), които ще се случат през следващите 30 години;

г) беше проследено каква би била икономическата ефективност на разработените ПС (въз основа на изходните добиви и цени) при всяка една от трийсетте комбинации от добиви, цени и едновременно добиви и цени (табл. 13). В резултат на проведения втори експеримент и получените резултати от него може да се потвърди изводът, че **средно за целия разгледан период в абсолютно изражение ПС, разработена с метода на ЛП, осигурява получаването на по-висока печалба в сравнение с ПС, разработени с РКМ**, като за отделните случаи е, както следва:

- ✓ при изходни цени и фактически добиви икономическата ефективност на ПС, разработена с ЛП, е по-висока от тази на РКМ I вариант и РКМ II вариант съответно с 12,85 % и 3,53 %;
- ✓ при фактически цени и изходни добиви тази разлика е съответно 11,68 % и 6,07 %;
- ✓ при фактически цени и фактически добиви – съответно 12,71 % и 4,23 %;

За да определим валидността на нашите изводи, извършихме статистическа проверка на хипотезата, че средната печалба от трийсетте комбинации за ПС, разработена с РКМ, е равна на същата за ПС, разработена с метода на ЛП. Това е т.нар. нулева хипотеза, а алтернативната е, че средната печалба, получавана от ПС, разработена с ЛП, е по-голяма от тази, получавана от ПС, разработена с РКМ.

За проверката на тази хипотеза е използван програмният продукт „Statgraphics Plus“. При анализа за сравняване средните на две извадки програмата използва като критерий t-разпределението. Тя изчислява неговата емпирична стойност, която автоматично сравнява с теоретичната и генерира стойността на равнището на значимост (P-value), което определя възможността да отхвърлим нулевата хипотеза, ако тя е вярна. Прието е да се работи с равнището на значимост 0,05 и в случаите, когато изчислената стойност е по-малка или равна на равнището на значимост, с 95 % сигурност можем да твърдим, че ПС, разработена с ЛП, дава по-добри резултати от ПС, разработена с РКМ.

Получените резултати са обобщени в табл. 14. От тях се вижда, че за N<sup>ото</sup> ЗС при ПС, разработена с РКМ II вариант, и в трите случая (при изходни цени и фактически добиви; при фактически цени и изходни добиви; при фактически цени и фактически добиви) може с 95 % сигурност да се твърди, че има статистически значима разлика между средната печалба, получавана от ПС, разработена с ЛП, и средната печалба, получавана от ПС, разработена с РКМ. В резултат на това се приема алтернативната хипотеза и може да се твърди, че **ПС, разрабо-**

**мена с ЛП, дава по-добри резултати, отколкото ПС, разработена с РКМ дори и при вероятностни параметри.** Аналогични са изводите и за  $M^{\text{omo}}$  ЗС при ПС, разработена с РКМ I вариант в случаите на изходни цени и фактически добиви и на фактически цени и изходни добиви, сравнена с ПС, разработена с ЛП.

Данните от табл. 14 показват, че за  $N^{\text{omo}}$  ЗС по отношение на ПС, разработена с РКМ I вариант, и в трите случая няма статистически значима разлика между средната печалба, получавана от ПС, разработена с ЛП, и средната печалба, получавана от ПС, разработена с РКМ, при риск за грешка 0,05. Това означава, че *не може с 95 % сигурност да се твърди, че ПС, разработена с ЛП, дава по-добри резултати от ПС, разработена с РКМ. Но в същото време не може да се твърди и обратното, че РКМ позволява да се определи ПС, която ще дава по-добри резултати от ПС, определена с помощта на метода на ЛП.* Тези изводи са аналогични и за  $M^{\text{omo}}$  ЗС при сравнението на ПС, разработена с РКМ I вариант в случая на фактически цени и фактически добиви, с ПС, разработена с ЛП, както и за ПС, разработена с РКМ II вариант и в трите случая, сравнена с ПС, разработена с ЛП. Трябва да се отбележи, че в тези случаи *алтернативната хипотеза би могла да се приеме с по-ниско равнище на сигурност, защото разлика между двете печалби средно за целия разглеждан период в абсолютно изражение съществува. С други думи, ако се приложи ПС, разработена с ЛП за по-продължителен период, тя ще осигури сумарно по-голяма печалба, отколкото ПС, разработена с РКМ.*

Изводи:

- ✓ **Въз основа на проведенния анализ може да се каже, че ПС на дадено ЗС, разработена с метода на ЛП, ще осигури сумарно по-добри икономически резултати в сравнение с ПС, разработена с РКМ и в условия на неопределеност.**
- ✓ **Следователно при определяне на ПС на ЗС предпочитаният метод трябва да бъде този на ЛП.**

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното от нас изследване показва, че при определяне на дажбите на селскостопанските животни (детерминиран проблем) и на ПС на ЗС (стохастичен проблем) предпочитаният метод трябва да бъде ЛП, стига необходимите предпоставки за успешното му приложение да са налице. Високите квалификационни, информационни и организационни изисквания безспорно затрудняват практическото приложение на ЛП, но те са преодолими. Удовлетворяват ли се те, ЛП ще осигурява по-ефективни решения, по-бързо и с много по-малко разходи, отколкото РКМ.

**Налице е достатъчно основание да се твърди, че гореказаното напълно важи за всички достатъчно сложни и непредрешени детерминирани и стохастични проблеми, при които може и е целесъобразно да се приложи ЛП независимо от тяхното естество.**

**Литература**

1. Кравченко, Р. Г., Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве, „Колос“, М., 1978.
2. Николов, Н., Г. Иванов, Л. Стефанов, Икономико-математическо моделиране на селскостопанското производство, Земиздат, С., 1994.
3. Николов, Н., Проектиране на производствената структура на земеделско стопанство, УИ „Стопанство“, С., 1997.
4. Тодоров, П., Методически подходи за проектиране на технология за практическо използване на икономико-математическите модели в управлението на аграрното стопанство, Дисертация за присъждане на образователната и научна степен „доктор“, ИИ на БАН, С., 2000.
5. Hazell, P. B. R.; R. D. Norton, Mathematical programming for economic analysis in agriculture, Macmillan Publishing Company, New York, 1986.
6. Lucey, T., Quantitative techniques, Guernsey Press Company Ltd, 1988.
7. Van Matre, J. G., G. H. Gilbreath, Statistics for business and economics, Homewood, Illinois, IRWIN, 1987.

**Таблица 1**

Съдържание на хранителни компоненти  
в 1 kg фураж или добавка според специалист 1

| Фуражи и добавки,<br>които могат да се<br>използват при съста-<br>вянето на дажбите | Сухо вещество<br>(грам) | Кръмни единици<br>(брой) | Смилаем протеин<br>(грам) | Калций (грам) | Фосфор (грам) | Сурови влакнини<br>(грам) | Лесно ферменти-<br>ращи въглехидра-<br>ти (грам) | Захари (грам) | Цена на 1 kg<br>(лева) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------------------|--------------------------------------------------|---------------|------------------------|
| <b>Концентрирани</b>                                                                |                         |                          |                           |               |               |                           |                                                  |               |                        |
| 1. Царевица                                                                         | 870.00                  | 1.35                     | 87.00                     | 0.30          | 3.40          | 25.00                     | 680.00                                           | 20.00         | 0.22                   |
| 2. Ечемик                                                                           | 870.00                  | 1.17                     | 104.00                    | 0.80          | 3.50          | 65.00                     | 630.00                                           | 22.00         | 0.18                   |
| 3. Пшеница                                                                          | 870.00                  | 1.24                     | 139.00                    | 0.50          | 3.50          | 24.00                     | 600.00                                           | 19.00         | 0.20                   |
| 4. Грах                                                                             | 870.00                  | 1.12                     | 218.00                    | 1.60          | 4.00          | 54.00                     | 530.00                                           | 35.00         | 0.28                   |
| 5. Пшеничени трици                                                                  | 870.00                  | 0.91                     | 148.00                    | 1.60          | 10.40         | 110.00                    | 400.00                                           | 47.00         | 0.16                   |
| 6. Соев шрот                                                                        | 870.00                  | 1.10                     | 461.00                    | 3.30          | 0.70          | 60.00                     | 450.00                                           | 50.00         | 0.32                   |
| <b>Сулажи</b>                                                                       |                         |                          |                           |               |               |                           |                                                  |               |                        |
| 7. Царевичен – въсърна<br>зрелост                                                   | 350.00                  | 0.37                     | 28.00                     | 1.40          | 0.90          | 69.00                     | 70.00                                            | 15.00         | 0.07                   |
| 8. Царевичен – млечна<br>зрелост                                                    | 240.00                  | 0.22                     | 22.00                     | 1.30          | 0.70          | 54.00                     | 21.00                                            | 8.00          | 0.05                   |
| <b>Сочни</b>                                                                        |                         |                          |                           |               |               |                           |                                                  |               |                        |
| 9. Кръмно цвекло                                                                    | 120.00                  | 0.15                     | 12.00                     | 0.30          | 0.30          | 10.00                     | 120.00                                           | 60.00         | 0.03                   |
| 10. Захарно цвекло                                                                  | 250.00                  | 0.33                     | 15.00                     | 0.40          | 0.50          | 14.00                     | 360.00                                           | 180.00        | 0.05                   |
| <b>Груби</b>                                                                        |                         |                          |                           |               |               |                           |                                                  |               |                        |
| 11. Люцерново сено                                                                  | 850.00                  | 0.66                     | 153.00                    | 14.20         | 2.10          | 270.00                    | 20.00                                            | 10.00         | 0.10                   |
| 12. Ливадно сено                                                                    | 850.00                  | 0.54                     | 68.00                     | 5.40          | 2.00          | 280.00                    | 80.00                                            | 40.00         | 0.08                   |
| 13. Ечмяна слама                                                                    | 850.00                  | 0.50                     | 34.00                     | 2.60          | 0.90          | 366.00                    | 8.00                                             | 4.00          | 0.04                   |
| <b>Добавки</b>                                                                      |                         |                          |                           |               |               |                           |                                                  |               |                        |
| 14. Карбамид                                                                        | 980.00                  | 0.00                     | 2875.00                   | 0.00          | 0.00          | 0.00                      | 0.00                                             | 0.00          | 0.30                   |
| 15. Креда                                                                           | 920.00                  | 0.00                     | 0.00                      | 360.00        | 0.05          | 0.00                      | 0.00                                             | 0.00          | 0.07                   |
| 16. Дикалциев фосфат                                                                | 860.00                  | 0.00                     | 0.00                      | 294.00        | 227.00        | 0.00                      | 0.00                                             | 0.00          | 0.10                   |

**Таблица 2**

Съдържание на хранителни компоненти  
в 1 kg фураж или добавка според специалист 2

| Фуражи и добавки, които могат да се използват при съставянето на дажбите | Сухо вещество (грам) | Кръмни единици (брой) | Смилаем протеин (грам) | Калций (грам) | Фосфор (грам) | Сурови влакнини (грам) | Лесно ферментиращи въглехидрати (грам) | Захари (грам) | Цена на 1 kg (лева) |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------------|
| <b>Концентрирани</b>                                                     |                      |                       |                        |               |               |                        |                                        |               |                     |
| 1. Царевица                                                              | 880.00               | 1.28                  | 72.00                  | 0.60          | 2.50          | 24.00                  | 680.00                                 | 20.00         | 0.22                |
| 2. Ечемик                                                                | 880.00               | 1.16                  | 80.00                  | 1.10          | 3.30          | 52.00                  | 630.00                                 | 22.00         | 0.18                |
| 3. Пшеница                                                               | 880.00               | 1.20                  | 100.00                 | 0.70          | 3.80          | 24.00                  | 600.00                                 | 19.00         | 0.20                |
| 4. Грах                                                                  | 880.00               | 1.18                  | 185.00                 | 1.30          | 4.00          | 54.00                  | 530.00                                 | 35.00         | 0.28                |
| 5. Пшеничени трици                                                       | 880.00               | 0.80                  | 100.00                 | 1.90          | 9.60          | 110.00                 | 400.00                                 | 47.00         | 0.16                |
| 6. Соев шрот                                                             | 880.00               | 1.16                  | 395.00                 | 2.80          | 6.40          | 58.00                  | 450.00                                 | 50.00         | 0.32                |
| <b>Сулажи</b>                                                            |                      |                       |                        |               |               |                        |                                        |               |                     |
| 7. Царевичен – възрастна зрелост                                         | 300.00               | 0.28                  | 13.00                  | 1.20          | 0.70          | 75.00                  | 70.00                                  | 15.00         | 0.07                |
| 8. Царевичен – млечна зрелост                                            | 210.00               | 0.19                  | 10.00                  | 1.00          | 0.60          | 59.00                  | 21.00                                  | 8.00          | 0.05                |
| <b>Сочни</b>                                                             |                      |                       |                        |               |               |                        |                                        |               |                     |
| 9. Кръмно цвекло                                                         | 120.00               | 0.12                  | 9.00                   | 0.30          | 0.30          | 10.00                  | 120.00                                 | 60.00         | 0.03                |
| 10. Захарно цвекло                                                       | 250.00               | 0.27                  | 12.00                  | 0.40          | 0.40          | 14.00                  | 360.00                                 | 180.00        | 0.05                |
| <b>Груби</b>                                                             |                      |                       |                        |               |               |                        |                                        |               |                     |
| 11. Люцерново сено                                                       | 860.00               | 0.50                  | 110.00                 | 14.20         | 2.40          | 270.00                 | 20.00                                  | 10.00         | 0.10                |
| 12. Ливадно сено                                                         | 860.00               | 0.50                  | 50.00                  | 7.00          | 2.00          | 280.00                 | 80.00                                  | 40.00         | 0.08                |
| 13. Ечмяна слама                                                         | 850.00               | 0.30                  | 12.00                  | 3.20          | 0.90          | 366.00                 | 8.00                                   | 4.00          | 0.04                |
| <b>Добавки</b>                                                           |                      |                       |                        |               |               |                        |                                        |               |                     |
| 14. Карбамид                                                             | 960.00               | 0.00                  | 2200.00                | 0.00          | 0.00          | 0.00                   | 0.00                                   | 0.00          | 0.30                |
| 15. Креда                                                                | 990.00               | 0.00                  | 0.00                   | 360.00        | 0.00          | 0.00                   | 0.00                                   | 0.00          | 0.07                |
| 16. Дикалциев фосфат                                                     | 950.00               | 0.00                  | 0.00                   | 280.00        | 190.00        | 0.00                   | 0.00                                   | 0.00          | 0.10                |

**Таблица 3**

Изисквания спрямо дажбите според специалист 1

| Изисквания                                       | За крави с дневна млечност |        |        |
|--------------------------------------------------|----------------------------|--------|--------|
|                                                  | 10 л                       | 15 л   | 20 л   |
| <b>I . На една глава дневно</b>                  |                            |        |        |
| 1. Кръмни единици, минимум (бр.)                 | 10.50                      | 13.60  | 16.20  |
| 2. Концентриран фураж, максимум (кг)             | 2.00                       | 3.75   | 5.00   |
| в т.ч. пшеница, максимум (кг)                    | 0.50                       | 0.50   | 0.50   |
| 3. Сено, минимум (кг)                            | 3.00                       | 3.00   | 3.00   |
| 4. Силаж, максимум (кг)                          | 30.00                      | 30.00  | 30.00  |
| 5. Слама, максимум (кг)                          | 5.00                       | 3.00   | 1.50   |
| 6. Кореноплоди, максимум (кг)                    | 40.00                      | 40.00  | 40.00  |
| <b>II. На една кръмна единица</b>                |                            |        |        |
| 7. Сухо вещество, минимум (кг)                   | 1.00                       | 1.00   | 1.00   |
| 8. Сухо вещество, максимум (кг)                  | 1.45                       | 1.45   | 1.45   |
| 9. Смилаем протеин, минимум (гр)                 | 108.00                     | 106.00 | 106.00 |
| 10. Карбамид, максимум (гр)                      | 14.00                      | 14.00  | 14.00  |
| 11. Калций, минимум (гр)                         | 6.70                       | 6.70   | 6.70   |
| 12. Фосфор, минимум (гр)                         | 4.80                       | 4.80   | 4.80   |
| 13. Сено + слама, минимум (КЕ)                   | 0.20                       | 0.20   | 0.20   |
| 14. Сено + слама, максимум (КЕ)                  | 0.25                       | 0.25   | 0.25   |
| 15. Сочни фуражи , минимум (КЕ)                  | 0.40                       | 0.40   | 0.40   |
| 16. Сочни фуражи, максимум (КЕ)                  | 0.50                       | 0.50   | 0.50   |
| <b>III. На 1 кг сухо вещество</b>                |                            |        |        |
| 17. Сурови влакнини, минимум (гр)                | 170.00                     | 170.00 | 170.00 |
| 18. Сурови влакнини, максимум (гр)               | 280.00                     | 250.00 | 220.00 |
| 19. Лесноферментиращи въглехидрати, минимум (гр) | 150.00                     | 150.00 | 150.00 |
| 20. Захари, максимум (гр)                        | 200.00                     | 200.00 | 200.00 |
| <b>IV. Пропорции калций/фосфор</b>               |                            |        |        |
| 21. Калций/фосфор, минимум                       | 1/1                        | 1/1    | 1/1    |
| 22. Калций/фосфор, максимум                      | 3/1                        | 3/1    | 3/1    |

**Таблица 4**

Изисквания спрямо дажбите според специалист 2

| Изисквания                                      | За крави с дневна млечност |        |        |
|-------------------------------------------------|----------------------------|--------|--------|
|                                                 | 10 л                       | 15 л   | 20 л   |
| 1. Кръмни единици, минимум (бр.)                | 12.00                      | 16.00  | 19.00  |
| 2. Смилаем протеин, минимум (kg)                | 1.20                       | 1.70   | 2.20   |
| 3. Сухо вещество, минимум (kg)                  | 12.00                      | 15.00  | 19.00  |
| 4. Сухо вещество, максимум (kg)                 | 17.00                      | 19.00  | 22.00  |
| 5. Калций, минимум (gr)                         | 80.00                      | 110.00 | 133.00 |
| 6. Фосфор, минимум (gr)                         | 60.00                      | 82.00  | 97.00  |
| 7. Сурови влакнини, минимум (kg)                | 2.50                       | 2.90   | 3.50   |
| 8. Сурови влакнини, максимум (kg)               | 3.50                       | 4.10   | 4.70   |
| 9. Лесноферментиращи въглехидрати, минимум (kg) | 2.20                       | 2.60   | 3.10   |
| 10. Захари, максимум (kg)                       | 2.90                       | 3.40   | 4.10   |
| 11. Концентриран фураж, минимум (kg)            | 2.50                       | 3.50   | 4.50   |
| 12. Концентриран фураж, максимум (kg)           | 7.00                       | 9.00   | 11.00  |
| 13. В т. ч. пшеница, максимум (kg)              | 0.50                       | 0.50   | 0.50   |
| 14. Соев шрот, максимум (kg)                    | 3.00                       | 3.50   | 4.00   |
| 15. Сено, минимум (kg)                          | 2.00                       | 2.00   | 2.00   |
| 16. Силаж, максимум (kg)                        | 30.00                      | 30.00  | 28.00  |
| 17. Слама, максимум (kg)                        | 5.00                       | 5.00   | 5.00   |
| 18. Кореноплоди, максимум (kg)                  | 40.00                      | 40.00  | 40.00  |
| 19. Калций/фосфор, минимум                      | 1/1                        | 1/1    | 1/1    |
| 20. Калций/фосфор, максимум                     | 3/1                        | 3/1    | 3/1    |

Таблица 5

Дажби и техните основни характеристики

| Технико-икономически характеристики<br>на дажбите | Дажби, разработени според изискванията и информацията, зададени от |        |       |        |        |        |        |       |       |              |        |       |       |       |        |        |       |       |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
|                                                   | специалист 1                                                       |        |       |        |        |        |        |       |       | специалист 2 |        |       |       |       |        |        |       |       |
|                                                   | 10 А                                                               |        |       | 15 А   |        |        | 20 А   |       |       | 10 А         |        |       | 15 А  |       |        | 20 А   |       |       |
|                                                   | РКМ*                                                               | АП     | 3     | РКМ*   | АП     | 5      | РКМ*   | АП    | 7     | РКМ*         | АП     | 8     | РКМ*  | АП    | 10     | РКМ*   | АП    | 12    |
| 1                                                 | 2                                                                  | 3      | 4     | 5      | 6      | 7      | 8      | 9     | 10    | 11           | 12     | 13    |       |       |        |        |       |       |
| I. Фуражи и добавки                               |                                                                    |        |       |        |        |        |        |       |       |              |        |       |       |       |        |        |       |       |
| – царевича, кг                                    | 1.000                                                              | 1.584  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 0.000  | 0.000 | 1.500 | 0.000 | 2.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – ечемик, кг                                      | 0.000                                                              | 0.416  | 1.000 | 3.750  | 2.000  | 4.846  | 0.500  | 6.904 | 2.000 | 9.000        | 2.000  | 0.000 | 2.000 | 9.000 | 2.000  | 11.000 | 0.000 | 0.000 |
| – пшеница, кг                                     | 0.500                                                              | 0.000  | 0.500 | 0.000  | 0.500  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 0.000  | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.500  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – пшенични трици, кг                              | 0.500                                                              | 0.000  | 0.000 | 2.000  | 0.000  | 1.500  | 0.000  | 1.500 | 0.000 | 0.000        | 0.000  | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – соев шрот, кг                                   | 0.000                                                              | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 1.500 | 0.000 | 0.000        | 0.500  | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 1.500  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – грах, кг                                        | 0.000                                                              | 0.000  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – царевичен силаж – възрастна зрелост, кг         | 0.000                                                              | 4.940  | 0.000 | 3.546  | 11.000 | 3.488  | 18.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 10.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – царевичен силаж – млечна зрелост, кг            | 13.000                                                             | 0.000  | 0.000 | 15.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 25.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – кърмно цвекло, кг                               | 9.000                                                              | 0.000  | 0.000 | 10.000 | 0.000  | 12.000 | 0.000  | 4.000 | 0.000 | 0.000        | 5.000  | 0.000 | 4.000 | 0.000 | 10.000 | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – захарно цвекло, кг                              | 4.000                                                              | 10.380 | 6.000 | 13.637 | 6.000  | 15.726 | 2.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 4.000  | 0.000 | 4.000 | 0.000 | 6.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – люцерново сено, кг                              | 0.000                                                              | 0.000  | 3.500 | 0.595  | 4.250  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 6.000  | 0.000 | 6.000 | 0.782 | 4.300  | 0.646  | 0.000 | 0.000 |
| – ливадно сено, кг                                | 0.000                                                              | 3.000  | 0.000 | 2.792  | 0.000  | 6.111  | 5.000  | 4.680 | 0.000 | 8.422        | 3.440  | 9.502 | 0.000 | 8.422 | 3.440  | 9.502  | 0.000 | 0.000 |
| – ечмяна слама, кг                                | 2.000                                                              | 2.010  | 2.000 | 3.000  | 1.280  | 1.500  | 1.000  | 5.000 | 0.000 | 2.904        | 0.000  | 3.532 | 0.000 | 2.904 | 0.000  | 3.532  | 0.000 | 0.000 |
| – Карбамид, кг                                    | 0.148                                                              | 0.127  | 0.000 | 0.127  | 0.000  | 0.144  | 0.000  | 0.161 | 0.000 | 0.199        | 0.000  | 0.332 | 0.000 | 0.199 | 0.000  | 0.332  | 0.000 | 0.000 |
| – креда, кг                                       | 0.000                                                              | 0.089  | 0.000 | 0.012  | 0.000  | 0.920  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000        | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| – дикалциев фосфат, кг                            | 0.092                                                              | 0.115  | 0.055 | 0.144  | 0.103  | 0.160  | 0.103  | 0.123 | 0.000 | 0.074        | 0.190  | 0.121 | 0.000 | 0.074 | 0.190  | 0.121  | 0.000 | 0.000 |
| II. Процент от кърмната стойност на дажбата       |                                                                    |        |       |        |        |        |        |       |       |              |        |       |       |       |        |        |       |       |
| – концентриран фураж                              | 23                                                                 | 25     | 26    | 32     | 27     | 35     | 28     | 67    | 36    | 65           | 46     | 67    |       |       |        |        |       |       |
| – силаж + цвекло                                  | 52                                                                 | 50     | 50    | 43     | 48     | 40     | 49     | 0     | 40    | 0            | 30     | 0     |       |       |        |        |       |       |
| – сено + слама                                    | 25                                                                 | 25     | 24    | 25     | 25     | 25     | 23     | 33    | 24    | 35           | 34     | 33    |       |       |        |        |       |       |

Продължение

| 1                                       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>III . Хранителни компоненти</b>      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| – крълни единици, бр.                   | 10.575 | 10.500 | 13.700 | 13.600 | 16.230 | 16.200 | 12.410 | 12.000 | 16.080 | 16.000 | 18.520 | 19.000 |
| – смилане протеин, kg                   | 1.382  | 1.113  | 1.613  | 1.442  | 1.858  | 1.717  | 1.339  | 1.200  | 2.123  | 1.700  | 2.174  | 2.200  |
| – сухо вещество, kg                     | 11.414 | 10.500 | 14.075 | 13.600 | 15.900 | 16.200 | 14.658 | 14.620 | 18.090 | 18.560 | 19.750 | 21.840 |
| – сурови влакнини, kg                   | 2.512  | 2.130  | 2.968  | 2.720  | 3.169  | 3.030  | 3.462  | 3.500  | 4.073  | 4.100  | 3.710  | 4.700  |
| – лесноферментирани въглехидрати, kg    | 4.229  | 5.670  | 5.491  | 7.750  | 6.642  | 9.400  | 4.458  | 4.760  | 5.718  | 6.380  | 8.610  | 7.730  |
| – захарци, kg                           | 1.545  | 2.100  | 1.969  | 2.720  | 2.145  | 3.240  | 1.231  | 0.360  | 1.512  | 0.554  | 2.244  | 0.640  |
| – калций, kg                            | 0.071  | 0.070  | 0.103  | 0.091  | 0.136  | 0.144  | 0.083  | 0.091  | 0.137  | 0.110  | 0.182  | 0.133  |
| – фосфор, kg                            | 0.053  | 0.050  | 0.066  | 0.065  | 0.080  | 0.780  | 0.061  | 0.060  | 0.085  | 0.082  | 0.098  | 0.097  |
| <b>IV. Цена, лв.</b>                    | 1.894  | 1.658  | 2.386  | 2.061  | 2.702  | 2.517  | 2.735  | 1.878  | 3.370  | 2.555  | 3.800  | 3.058  |
| <b>V. Време за разработване, минути</b> | 335    |        | 310    |        | 340    |        | 350    |        | 375    |        | 380    |        |

\* Дадбите в колони 2, 4, 6, 8, 10 и 12 са разработени с разчетно-конструктивния метод. Първите три (колони 2, 4 и 6) са разработени от специалист 1 съгласно зададените от него изисквания и определеното от него съдържание на хранителни компоненти в различните фуражи и добавки. Вторите три (колони 8, 10 и 12) са разработени от специалист 2 според зададените от него изисквания. Дадбите в останалите колони са разработени с метода на линейното програмиране, като в колони 3, 5 и 7 са съгласно изискванията на специалист 1, а в колони 9, 11 и 13 – според изискванията на специалист 2.

**Таблица 6**

ПС, разработени с РКМ и ЛП

| Култури, животни, други дей-ности | ПС, разработена със |            |           |
|-----------------------------------|---------------------|------------|-----------|
|                                   | РКМ                 |            | ЛП        |
|                                   | I вариант           | II вариант |           |
| Стокови                           |                     |            |           |
| пшеница (дка)                     | 542.85              | 1400.00    | 460.86    |
| фасул (дка)                       | -                   | -          | 455.09    |
| слънчоглед (дка)                  | 583.33              | 583.00     | 503.96    |
| тютюн (дка)                       | 28.31               | 29.00      | 28.85     |
| захарно цвекло (дка)              | 454.55              | 455.00     | 454.97    |
| слама (тон)                       | 116.36              | -          | 51.27     |
| люцерна за семе+сено (дка)        | 259.62              | 221.00     | 246.26    |
| ечемик (дка)                      | 350.00              | -          | -         |
| царевица за зърно (дка)           | 84.89               | 375.45     | 26.11     |
| фуражни                           |                     |            |           |
| ечемик (дка)                      | 857.15              | 65.91      | 904.77    |
| силажна царевица (дка)            | 598.92              | 591.64     | 632.20    |
| люцерна за з.м.+сено (дка)        | 240.38              | 279.00     | 253.74    |
| слама (тон)                       | 163.64              | 234.55     | 172.73    |
| зак. люц. сено (тон)              | 50.71               | 28.88      | 61.59     |
| зак. комб. фураж (тон)            | 687.27              | 687.27     | 687.27    |
| животни                           |                     |            |           |
| крави (бр.)                       | 180.00              | 180.00     | 190.00    |
| бройлери (хил. бр.)               | 180.00              | 180.00     | 180.00    |
|                                   |                     |            |           |
| Печалба (хил. лв)                 | 271199.81           | 214589.50  | 290375.24 |

Таблица 7

Интервали на вариране и вероятности, с които се получаваат различните добиви и цени

| Култури        | Пшеница | Ечемик | Царевица<br>за зърно | Фасул | Слънчоглед | Ориental-<br>ски тютюн | Захарно<br>цвекло | Силажна<br>царевица | Лугоерна за<br>семе + сено | Лугоерна за<br>з.м. + сено | Крабе<br>мляко | Пшиче<br>месо |
|----------------|---------|--------|----------------------|-------|------------|------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------|
| Добив (kg/gka) | 200     | 220    | 300                  | 40    | 80         | 80                     | 1000              | 1200                | 4/1200                     | 1800                       | -              | -             |
| Вероятност     | 20%     | 10%    | 10%                  | 20%   | 10%        | 20%                    | 20%               | 20%                 | 20%                        | 20%                        | -              | -             |
| Добив (kg/gka) | 300     | 320    | 400                  | 80    | 120        | 100                    | 2000              | 1800                | 10/1000                    | 2000                       | -              | -             |
| Вероятност     | 40%     | 40%    | 40%                  | 40%   | 20%        | 40%                    | 50%               | 40%                 | 30%                        | 30%                        | -              | -             |
| Добив (kg/gka) | 400     | 400    | 500                  | 110   | 160        | 120                    | 3000              | 2800                | 16/1300                    | 2200                       | -              | -             |
| Вероятност     | 30%     | 30%    | 30%                  | 20%   | 50%        | 30%                    | 20%               | 30%                 | 40%                        | 40%                        | -              | -             |
| Добив (kg/gka) | 500     | 460    | 600                  | 150   | 200        | 140                    | 4000              | 3400                | 30/1000                    | 2400                       | -              | -             |
| Вероятност     | 10%     | 20%    | 20%                  | 20%   | 20%        | 10%                    | 10%               | 10%                 | 10%                        | 10%                        | -              | -             |
| Цена (лв./kg)  | 0.13    | 0.13   | 0.14                 | 0.65  | 0.30       | 4.00                   | 0.03              | -                   | 4.00                       | -                          | 0.25           | 1.50          |
| Вероятност     | 10%     | 10%    | 10%                  | 10%   | 10%        | 10%                    | 10%               | -                   | -                          | -                          | 10%            | 10%           |
| Цена (лв./kg)  | 0.15    | 0.14   | 0.16                 | 0.70  | 0.34       | 4.60                   | 0.04              | -                   | 4.00                       | -                          | 0.30           | 1.80          |
| Вероятност     | 20%     | 20%    | 20%                  | 20%   | 20%        | 20%                    | 20%               | -                   | -                          | -                          | 20%            | 20%           |
| Цена (лв./kg)  | 0.17    | 0.15   | 0.18                 | 0.75  | 0.37       | 5.20                   | 0.05              | -                   | 4.00                       | -                          | 0.35           | 2.10          |
| Вероятност     | 40%     | 40%    | 40%                  | 40%   | 40%        | 40%                    | 40%               | -                   | -                          | -                          | 40%            | 40%           |
| Цена (лв./kg)  | 0.19    | 0.16   | 0.20                 | 0.80  | 0.40       | 5.80                   | 0.06              | -                   | 4.00                       | -                          | 0.40           | 2.40          |
| Вероятност     | 20%     | 20%    | 20%                  | 20%   | 20%        | 20%                    | 20%               | -                   | -                          | -                          | 20%            | 20%           |
| Цена (лв./kg)  | 0.21    | 0.17   | 0.22                 | 0.85  | 0.43       | 6.40                   | 0.07              | -                   | 4.00                       | -                          | 0.45           | 2.70          |
| Вероятност     | 10%     | 10%    | 10%                  | 10%   | 10%        | 10%                    | 10%               | -                   | -                          | -                          | 10%            | 10%           |

Таблица 8

Случайни комбинации от добиви и цени

| Култури         | 1. комбинация |           | 2. комбинация |           | 3. комбинация |           | ... |     | 29. комбинация |             | 30. комбинация |           |
|-----------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|-----|-----|----------------|-------------|----------------|-----------|
|                 | РКМ           | АП        | РКМ           | АП        | РКМ           | АП        | ... | ... | РКМ            | АП          | РКМ            | АП        |
|                 | цена/доб.     | цена/доб. | цена/доб.     | цена/доб. | цена/доб.     | цена/доб. | ... | ... | цена/доб.      | цена/доб.   | цена/доб.      | цена/доб. |
| Пшеница         | 0,17/300      | 0,21/400  | 0,19/400      | 0,17/200  | 0,17/400      | 0,17/300  | ... | ... | 0,13 / 400     | 0,15 / 200  | 0,21/214       | 0,15/155  |
| Ечемик          | 0,13/460      | 0,17/400  | 0,15/220      | 0,17/220  | 0,15/320      | 0,14/320  | ... | ... | 0,17 / 320     | 0,15 / 320  | 0,15/400       | 0,14/460  |
| Цареф. за з.    | 0,18/400      | 0,22/500  | 0,16/500      | 0,18/600  | 0,16/400      | 0,18/400  | ... | ... | 0,20 / 600     | 0,22 / 400  | 0,14/300       | 0,16/500  |
| Фасул           | 0,70/ 80      | 0,75/ 40  | 0,75/ 80      | 0,80/80   | 0,80/110      | 0,70/150  | ... | ... | 0,65 / 80      | 0,65 / 110  | 0,85/110       | 0,70/ 80  |
| Слънчоглед      | 0,43/160      | 0,37/160  | 0,40/ 80      | 0,37/160  | 0,34/ 80      | 0,34/200  | ... | ... | 0,34 / 80      | 0,40 / 120  | 0,43/200       | 0,34/160  |
| Ориент. пшот.   | 5,20/ 80      | 6,40/140  | 4,60/120      | 5,20/100  | 5,20/100      | 6,40/ 80  | ... | ... | 4,60 / 100     | 4,60 / 80   | 5,20/100       | 5,20/100  |
| Зах. цвекло     | 0,05/2000     | 0,04/300  | 0,04/1000     | 0,06/2000 | 0,05/2000     | 0,05/3000 | ... | ... | 0,05 / 2000    | 0,04 / 1000 | 0,06/2000      | 0,06/2000 |
| Сил. царевица   | 3400          | 3400      | 2800          | 1800      | 1800          | 2800      | ... | ... | 1200           | 2800        | 3400           | 1800      |
| Люц. семе/сено  | 10\1000       | 16\1300   | 16\1300       | 4\1200    | 16\1300       | 10\1000   | ... | ... | 4\1200         | 16\1300     | 10\1000        | 10\1000   |
| Люц. з. м. сено | 2000          | 2200      | 2000          | 1800      | 2200          | 2200      | ... | ... | 2200           | 2400        | 1800           | 2200      |
| Крабе мляко     | 0,40          | 0,45      | 0,45          | 0,30      | 0,30          | 0,40      | ... | ... | 0,35           | 0,25        | 0,40           | 0,35      |
| Птиче месо      | 2,10          | 2,10      | 2,10          | 2,70      | 2,40          | 1,50      | ... | ... | 2,40           | 1,50        | 2,10           | 2,70      |

Таблица 9

Печалба, получавана от ПС при различни комбинации на случайни добив и цена

| № на комбинацията                               | П Е Ч А Л Б А при                |                   |                  |                                  |                   |           |                                     |                   |           |                  |                   |    |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|-------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------|-----------|------------------|-------------------|----|
|                                                 | изходни цени / фактически добиви |                   |                  | фактически цени / изходни добиви |                   |           | фактически цени / фактически добиви |                   |           |                  |                   |    |
|                                                 | РКМ<br>I вариант                 | РКМ<br>II вариант | АП               | РКМ<br>I вариант                 | РКМ<br>II вариант | АП        | РКМ<br>I вариант                    | РКМ<br>II вариант | АП        | РКМ<br>I вариант | РКМ<br>II вариант | АП |
| 1                                               | 285891.91                        | 206293.76         | 331915.72        | 318985.78                        | 271498.56         | 385578.50 | 331592.97                           | 247890.56         | 331592.97 | 247890.56        | 431382.78         |    |
| 2                                               | 215563.82                        | 196234.54         | 201310.22        | 354893.90                        | 297568.46         | 395837.53 | 303307.79                           | 272216.34         | 303307.79 | 272216.34        | 310998.70         |    |
| 3                                               | 238269.72                        | 201165.14         | 330857.90        | 292991.74                        | 243130.92         | 193083.76 | 262996.37                           | 233965.94         | 262996.37 | 233965.94        | 232684.14         |    |
| ...                                             | ...                              | ...               | ...              | ...                              | ...               | ...       | ...                                 | ...               | ...       | ...              | ...               |    |
| 14                                              | 283963.61                        | 236513.16         | 276475.50        | 301538.34                        | 235966.61         | 374512.85 | 314568.59                           | 264809.60         | 314568.59 | 264809.60        | 363875.96         |    |
| 15                                              | 205327.07                        | 178641.14         | 239048.99        | 92893.29                         | 57579.08          | 242670.59 | 47115.53                            | 28857.14          | 47115.53  | 28857.14         | 194679.64         |    |
| 16                                              | 343024.36                        | 301740.98         | 257583.28        | 289122.00                        | 255762.18         | 331562.12 | 354029.75                           | 330334.58         | 354029.75 | 330334.58        | 300275.58         |    |
| ...                                             | ...                              | ...               | ...              | ...                              | ...               | ...       | ...                                 | ...               | ...       | ...              | ...               |    |
| 28                                              | 321180.43                        | 247216.54         | 331800.84        | 449584.89                        | 386105.62         | 337415.70 | 506532.35                           | 409573.94         | 506532.35 | 409573.94        | 376498.76         |    |
| 29                                              | 172429.32                        | 159255.72         | 243044.88        | 333053.67                        | 258806.52         | 369060.13 | 232363.97                           | 210325.00         | 232363.97 | 210325.00        | 331117.95         |    |
| 30                                              | 290606.09                        | 230271.16         | 279817.39        | 337190.38                        | 287386.96         | 433121.66 | 356697.33                           | 303600.16         | 356697.33 | 303600.16        | 419582.13         |    |
| Средно за трийсетте комбинации                  | 257226.86                        | 214022.84         | 265397.95        | 269985.18                        | 219123.89         | 312881.07 | 259458.57                           | 217122.60         | 259458.57 | 217122.60        | 288126.68         |    |
|                                                 |                                  |                   |                  |                                  |                   |           |                                     |                   |           |                  |                   |    |
| Печалба от ПС при изходни цени и изходни добиви |                                  |                   | РКМ<br>I вариант | РКМ<br>II вариант                | АП                |           |                                     |                   |           |                  |                   |    |
|                                                 |                                  |                   | 271199.81        | 214589.50                        | 290375.24         |           |                                     |                   |           |                  |                   |    |

**Таблица 10**

ПС, разработени с РКМ и ЛП

| Култури                 | ПС, разработена със |            |          |
|-------------------------|---------------------|------------|----------|
|                         | РКМ                 |            | ЛП       |
|                         | I Вариант           | II Вариант |          |
| Пшеница (gka)           | 400.00              | 1500.00    | 1000.00  |
| Царевица за зърно (gka) | 1200.00             | 490.00     | 1000.00  |
| Ориенталски тютюн (gka) | -                   | 10.00      | -        |
| Печалба (лв.)           | 69200.00            | 73020.00   | 77000.00 |

**Таблица 11**Интервали на вариране и вероятности,  
с които се получават различните добиви и цени

| Култури        | Пшеница | Царевица за зърно | Ориенталски тютюн |
|----------------|---------|-------------------|-------------------|
| Добив (kg/gka) | 370     | 640               | 140               |
| Вероятност     | 20%     | 10%               | 20%               |
| Добив (kg/gka) | 470     | 740               | 180               |
| Вероятност     | 40%     | 40%               | 40%               |
| Добив (kg/gka) | 570     | 840               | 240               |
| Вероятност     | 30%     | 30%               | 30%               |
| Добив (kg/gka) | 670     | 940               | 280               |
| Вероятност     | 10%     | 20%               | 10%               |
| Цена (лв./kg)  | 0.09    | 0.085             | 3.80              |
| Вероятност     | 10%     | 10%               | 10%               |
| Цена (лв./kg)  | 0.11    | 0.105             | 4.40              |
| Вероятност     | 20%     | 20%               | 20%               |
| Цена (лв./kg)  | 0.13    | 0.125             | 5.00              |
| Вероятност     | 40%     | 40%               | 40%               |
| Цена (лв./kg)  | 0.15    | 0.145             | 5.60              |
| Вероятност     | 20%     | 20%               | 20%               |
| Цена (лв./kg)  | 0.17    | 0.165             | 6.20              |
| Вероятност     | 10%     | 10%               | 10%               |

Таблица 12

Случайни комбинации от добиви и цени

| Кул-<br>ту-<br>ри        | 1. комбинация |           | 2. комбинация |           | 3. комбинация |           | ... |     | 29. комбинация |           | 30. комбинация |           |
|--------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|-----|-----|----------------|-----------|----------------|-----------|
|                          | РКМ           | ЛП        | РКМ           | ЛП        | РКМ           | ЛП        | ... | ... | РКМ            | ЛП        | РКМ            | ЛП        |
|                          | цена/доб.     | цена/доб. | цена/доб.     | цена/доб. | цена/доб.     | цена/доб. | ... | ... | цена/доб.      | цена/доб. | цена/доб.      | цена/доб. |
| Пше-<br>ница             | 0,13/370      | 0,13/370  | 0,13/470      | 0,15/470  | 0,11/670      | 0,09/470  | ... | ... | 0,09/470       | 0,11/470  | 0,17/570       | 0,13/570  |
| Ца-<br>реџ.<br>за з.     | 0,085/740     | 0,125/640 | 0,145/940     | 0,125/940 | 0,125/740     | 0,105/740 | ... | ... | 0,125/640      | 0,165/740 | 0,125/740      | 0,105/940 |
| Ори-<br>ент.<br>тю<br>т. | 5,00/140      | 5,00/180  | 5,60/240      | 6,20/240  | 5,00/140      | 6,20/280  | ... | ... | 5,00/240       | 3,80/240  | 5,00/240       | 4,40/180  |

Таблица 13

Печатба, получавана от ПС при различни комбинации на случайни добив и цена

| № на комбинацията                               | П Е Ч А Л Б А при                |                   |                   |                  |                                  |          |           |           |                                     |          |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|----------|-----------|-----------|-------------------------------------|----------|
|                                                 | изходни цени / фактически добиви |                   |                   |                  | фактически цени / изходни добиви |          |           |           | фактически цени / фактически добиви |          |
|                                                 | РКМ<br>I Вариант                 | РКМ<br>II Вариант | АП                | РКМ<br>I Вариант | РКМ<br>II Вариант                | АП       |           |           |                                     |          |
| 1                                               | 53440.00                         | 40995.00          | 40100.00          | 30800.00         | 57340.00                         | 77000.00 | 17920.00  | 26491.00  | 40100.00                            | 74366.67 |
| 2                                               | 88640.00                         | 77745.00          | 90600.00          | 88400.00         | 82060.00                         | 87000.00 | 111200.00 | 88397.00  | 100000.00                           |          |
| 3                                               | 69040.00                         | 99495.00          | 65600.00          | 65200.00         | 58020.00                         | 41000.00 | 63680.00  | 79395.00  | 32000.00                            |          |
| ... ..                                          |                                  |                   |                   |                  |                                  |          |           |           |                                     |          |
| 14                                              | 93840.00                         | 94245.00          | 53100.00          | 77200.00         | 105420.00                        | 35000.00 | 102960.00 | 130605.00 | 18100.00                            |          |
| 15                                              | 43640.00                         | 59370.00          | 65600.00          | 107600.00        | 91100.00                         | 61000.00 | 74360.00  | 74794.00  | 50800.00                            |          |
| 16                                              | 58640.00                         | 60495.00          | 116600.00         | 69200.00         | 73020.00                         | 93000.00 | 58640.00  | 60495.00  | 135400.00                           |          |
| ... ..                                          |                                  |                   |                   |                  |                                  |          |           |           |                                     |          |
| 28                                              | 63840.00                         | 84995.00          | 91100.00          | 88400.00         | 82060.00                         | 81000.00 | 81600.00  | 93687.00  | 97100.00                            |          |
| 29                                              | 43640.00                         | 59370.00          | 65600.00          | 61200.00         | 43020.00                         | 99000.00 | 36120.00  | 31170.00  | 85800.00                            |          |
| 30                                              | 63840.00                         | 84995.00          | 103600.00         | 77200.00         | 103020.00                        | 61000.00 | 72960.00  | 119195.00 | 84800.00                            |          |
| Средно за 30 <sup>ме</sup> комбинации           | 66373.33                         | 72345.00          | 74900.00          | 69066.67         | 72720.00                         | 77133.33 | 65981.33  | 71346.33  |                                     |          |
| Печалба от ПС при изходни цени и изходни добиви |                                  |                   |                   |                  |                                  |          |           |           |                                     |          |
|                                                 | РКМ I<br>Вариант                 |                   | РКМ II<br>Вариант |                  | АП                               |          |           |           |                                     |          |
|                                                 | 69200.00                         |                   | 73020.00          |                  | 77000.00                         |          |           |           |                                     |          |

**Таблица 14**

Резултати от иконометричния анализ

|                                       | за N-ото ЗС           |                        | за М-ото ЗС           |                        |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                       | ΔΠ > РКМ<br>I вариант | ΔΠ > РКМ<br>II вариант | ΔΠ > РКМ<br>I вариант | ΔΠ > РКМ<br>II вариант |
|                                       | t (p-value)           | t (p-value)            | t (p-value)           | t (p-value)            |
| Изходни цени/<br>фактически гобиви    | 0,65<br>(0,26)        | 4,01<br>(0,00)         | 2,55<br>(0,01)        | 0,22<br>(0,41)         |
| Фактически цени/<br>изходни гобиви    | 1,53<br>(0,06)        | 3,38<br>(0,00)         | 2,20<br>(0,02)        | 1,08<br>(0,14)         |
| Фактически цени/<br>фактически гобиви | 0,92<br>(0,18)        | 2,32<br>(0,02)         | 1,67<br>(0,09)        | 0,15<br>(0,44)         |

## **ЛИНЕЙНОТО ПРОГРМИРАНЕ - ЕФЕКТИВНО МЕТОДИЧЕСКО СРЕДСТВО ЗА РЕШАВАНЕ НА ИКОНОМИЧЕСКИ ПРОБЛЕМИ**

### **Резюме**

През 70-те години на миналия век повечето изследователи приемаха, че линейното програмиране (ЛП) е едно от най-добрите методически средства за решаване на множество сложни икономически проблеми. От началото на 80-те години обаче интересът към него постепенно започва да спада. Прогресивно намалява броят на публикациите, свързани с приложението на ЛП в икономиката. Увеличава се броят на неговите критици. Според тях ЛП няма предимства пред традиционните разчетно-конструктивни методи (РКМ), тъй като присъщите му недостатъци го правят недостатъчно конкурентоспособно. По тези причини то не може да има съществено значение за икономическата наука и практика в качеството си на методически инструмент за решаване на сложни проблеми.

В настоящата разработка е направен опит да се даде обоснован отговор на въпроса, доколко тези критици са основателни. Наистина ли недостатъците на ЛП го правят по-неконкурентоспособно в сравнение с различните модификации на РКМ?

Въз основа на множество експерименти е направена сравнителна оценка на двата метода по показателите:

- а) ефективност на намерените решения;
- б) необходимо време за решаване на съответните проблеми;
- в) отклонение на намерените решения от предварително поставените изисквания.

Плюсовете и минусите на двата метода са проследени при решаването на два типа икономически проблеми:

- 1) детерминирани – параметрите, от които зависи решението им, са точно определени величини;
- 2) стохастични - параметрите, от които зависи решението им, могат да бъдат вероятностни величини, т.е. могат да варират в определени граници с определена вероятност. Особено значение за науката и практиката имат констатациите относно достоинства на ЛП като методическо средство за решаване на сложни икономически проблеми с вероятностни параметри.

## **LINEAR PROGRAMMING AN EFFECTIVE METHODOLOGY TO SOLVE ECONOMIC PROBLEMS**

### **Summary**

In the 70-ies of the previous century most researchers believed that linear programming (LP) was one of the best techniques for solving a multitude of complex economic problems. Since early 80-ies, however, its influence has been on the wane. Publications related to the application of LP in economy have been decreasing in number while the number of its critics has been on the increase. The latter argue that the LP has no advantages compared to traditional calculation and construction methods (CCM) because certain inherent flaws affect its competitiveness. Therefore it cannot be of great importance for the economic theory and practice as a methodological tool targeted to tackle complex problems.

The present paper attempts to review the arguments and examine how far this critique can be justified. Can it be claimed that the weaknesses of LP make it uncompetitive compared to other modifications of CCM?

Based on a great number of experiments a comparative evaluation of the two methods is made using the following factors:

- a) effectiveness of the solutions proposed;
- b) time required to solve the problems;
- c) deviation of the solutions found with regard to preliminary requirements.

The strengths and weaknesses of both methods have been traced with regard to two types of economic problems:

- 1. determinants – the parameters affecting their solution are accurate quantities.
- 2. stochastic problems – the parameters affecting their solution may be probability-related quantities i.e. they may be subject to probability variations within a certain range.

The findings of LP's strengths as a methodology to be used to address complex economic problems with probability parameters are of especial significance for the economic theory and practice.