16. Морзе Н., Буйницька О., Кочарян А. ІК-компетентність викладачів і студентів як шлях до формування інформаційного освітнього середовища університету / Компетентністно зорієнтована освіта: якісні виміри : колективна монографія / редкол. Огнев'юк В.О. [та ін.]. – К.: КУБГ, 2015. – с.151-196.

**Система рейтинговых показателей оценки деятельности преподавателей современного университета**

***Н.В. Морзе, О.П. Буйницкая***

**Аннотация**. В статье проанализированы показатели оценки профессиональной деятельности преподавателей, в том числе научно-исследовательской, академической, коммерческой деятельности, которые являются ключевыми при рейтинговой оценке университета и способствуют повышению его конкурентоспособности. Описаны созданная в Киевском университете имени Бориса Гринченка открытая информационная образовательная электронная среда и влияние ее э-ресурсов и э-систем на качество образовательной деятельности согласно Европейских стандартов, все индикаторы качества которых связаны с оценкой деятельности преподавателя. Представленные корпоративные стандарты ИК-компетентности преподавателя, инструменты измерения и открытый показатель уровня ее формирования - э-портфолио. В разработанной системе э-портфолио отображается целостная картина деятельности преподавателя с определенными количественными и качественными показателями деятельности и их влияние на оценку университета в мировых и государственных рейтингах. Благодаря статистической отчетности в системе э-портфолио есть возможность формировать рейтинговые таблицы показателей оценки профессиональной деятельности каждого преподавателя, кафедры, НИЛ, факультета и института с целью объективного анализа качества кадрового обеспечения и принятия управленческих решений.

**Ключевые слова**: рейтинги; корпоративный стандарт ИК-компетентности; открытая информационная образовательная электронная среда; инструменты оценивания; показатели оценки; е-портфолио.

**Rating indicators system of evaluation teacher's activities in modern universities**

***N. Morze, O. Buinytska***

**Abstract**. In the article was analyzed the indicators of evaluation of teacher’s professional activities, including research, academic and commercial activities that are critical in the ranking of the university and enhance its competitiveness. Also was described established in Borys Grinchenko Kyiv University open information and educational electronic environment and impact of its e-resources and e-systems for quality educational activities by European standards. All quality indicators are related to the assessment of the activities of the teacher. The paper presents corporate standards of ICT competences of the teacher, measurement tools and an open rate of formation – e-portfolio. In the developed system e-portfolio display complete picture of the teacher with certain quantitative and qualitative performance indicators and their impact on the assessment of university in the world and national rankings. Through statistical reporting e-portfolio system has to form the rating table of professional evaluation of each teacher, department, research laboratory, department and institution to objectively analyze the quality of staffing and management decisions.

**Keywords**: ratings; corporate standard of ICT competence; open educational electronic information environment; assessment tools; performance evaluation; e-portfolio.

**УДК 378.011.3-051:519.856**

**Кузьміна Н. М.**
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

**Навчання елементів стохастичного програмування у педагогічному університеті**

**Анотація.** У статті розглядаються деякі методичні аспекти навчання стохастичного програмування в курсі основ теорії і методів оптимізації студентів інформатичних спеціальностей педагогічних університетів. Наведено класифікацію невизначеностей і постановок задач, а також приклади їх розв’язування з використанням інформаційних технологій. Такий підхід до навчання сприяє висвітленню міжпредметних зв’язків і розвитку у студентів математичних та інформатичних компетентностей.

**Ключові слова:** стохастичне програмування, невизначеність, М-постановка, Р-постановка.

*Стохастичне програмування* – це розділ математичного програмування, в якому використовуються методи розв'язування оптимізаційних задач імовірнісного характеру [1]. Якщо параметри цільової функції, або параметри обмежень (умов) задачі, або і ті й інші є випадковими величинами або залежать від деяких випадкових величин, то таку задачу називають *задачею стохастичного програмування*. Подібні задачі виникають під час планування у ситуаціях з невизначеністю і ризиком. Основні особливості цього класу задач пов'язані з відсутністю повного набору даних стосовно цільової функції та обмежень.

Очевидно, що в більшості реальних інженерних або інших задач оптимізації містяться невизначеності у тому чи іншому вигляді. Але на сьогодні не існує єдиного методологічного підходу до розв'язування таких задач. Це пов'язано з концептуальними труднощами, що виникають під час постановки, формалізації, класифікації, теоретичного дослідження і обґрунтування існування розв'язків, добором методів їх відшукання та аналізом результатів. Навіть розглядаючи класичні задачі лінійного програмування як задачі стохастичного програмування, отримуємо задачі нелінійної оптимізації.

Складності використання існуючих математичних моделей задач стохастичного програмування і прийняття відповідних рішень пов'язані з необхідністю врахування типів невизначеностей.

У дослідженні операцій прийнято розрізняти такі типи невизначеностей [3]:

- невизначеність цілей;
- невизначеність знань дослідника відносно навколишнього середовища, природніх факторів;
- невизначеність дій активного (пасивного) партнера (супротивника).

У даній класифікації наведені типи невизначеностей розглядаються з точки зору їх застосовності до побудови відповідних елементів математичних моделей задач стохастичного програмування. Так, невизначеність цілей враховується під час формалізації цільових функцій, а два інших типи невизначеностей – в процесі формалізації обмежень і добору методів прийняття рішень.

З іншого боку під час побудови математичних моделей задач стохастичного програмування необхідно також враховувати іншу класифікацію невизначеностей з точки зору *статистичної стійкості* невідомих величин:

- стохастична невизначеність;
- нестохастична невизначеність;
- проміжний тип невизначеності.

В разі *стохастичної невизначеності* невідомі величини статистично стійкі, тобто є звичайними ймовірнісними об'єктами: випадковими величинами, випадковими функціями, випадковими подіями тощо. В такому разі повинні бути відомі або визначені під час постановки задачі розподіли ймовірностей на множинах можливих станів випадкових об'єктів та їх параметри.

В разі *нестохастичної невизначеності* ніяких припущень відносно статистичної стійкості невідомих величин, відповідних розподілів ймовірностей не існує.

В разі *проміжного типу невизначеності* рішення приймається на основі певних гіпотез про розподіли ймовірностей випадкових на множинах можливих станів об'єктів. У даному випадку існує *ризик* розбіжності отриманих результатів з реальними умовами.

Слід зауважити, що коли розглядаються дискретні випадкові величини, найчастіше використовують розподіли ймовірностей Пуассона і біноміальний, а коли розглядаються неперервні випадкові величини – нормальний, рівномірний і експоненціальний розподіли ймовірностей.

*Постановки задач стохастичного програмування*

Задачі стохастичного програмування розглядають в $M$- і $P$- постановках залежно від записів цільової функції та обмежень (Рис. 1).


*Рис. 1*

Розглянемо загальну задачу математичного програмування як задачу стохастичного програмування в таких постановках.

*М-постановка* – оптимізація математичного сподівання цільової функції $F(x)$:

$$M[F(x)] \to \max(min),\ \ x\epsilon R^n. \quad (1)$$

*P-постановка* – максимізація ймовірності того, що значення цільової функції буде не гіршим за граничні допустимі значення відповідно до випадків максимізації та мінімізації цільової функції:

- максимізація цільової функції:

$$P(F(x) \geq F_{\min}) \to \max,\ \ x\epsilon R^n, \quad (2)$$

де $F_{min}$ – задане допустиме мінімальне (найгірше) значення цільової функції;

- мінімізація цільової функції:

$$P(F(x) \leq F_{\max}) \to \max, x\epsilon R^n, \quad (3)$$

де $F_{max}$ – задане допустиме максимальне (найгірше) значення цільової функції.

Розглянемо *ймовірнісні обмеження* у задачах стохастичного програмування:

$$P(g_i(x) \le (\ge, =)0) \ge \alpha_i,\ i \in \overline{1,m},\ \ x \in R^n. \quad (4)$$

Співвідношення (4) означають, що ймовірність виконання кожного заданого обмеження повинна бути не меншою за вказані величини $\alpha_i$, $(i \in \overline{1,m})$.

Ймовірнісні обмеження використовують у тих випадках, коли можна припустити, що нев'язки в нерівностях, через які описуються обмеження, не перевищують задані з ймовірностями, не меншими за $\alpha_i, (i \in \overline{1,m})$.

Розглянемо наведені постановки задач стохастичного програмування на прикладі складання оптимального плану роботи підприємства.

Під час планування роботи підприємства необхідно враховувати ряд випадкових факторів, що суттєво впливають на процес виробництва:

- непередбачувані перебої у постачанні сировини, енергії, робочої сили;
- несправності та аварії обладнання;
- попит, який не завжди є передбачуваним;
- кліматичні умови;
- врожайність тощо.

Тому задачі планування виробництва доцільно ставити і досліджувати як задачі стохастичного програмування, в яких елементи класичної задачі лінійного програмування – елементи матриці коефіцієнтів обмежень $A$, складові вектора ресурсів $b$, вектора оцінок цільової функції $c$ – є випадковими величинами.

*М-постановка:*

$$z = M\left[\sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j\right] \to \max(min) \quad (5)$$

Від математичного сподівання цільової функції можна перейти до математичних сподівань випадкових величини $c_j, j \in \overline{1,n}$ :

$$z = \sum_{j=1}^{n} M\left[c_j\right] x_j = \sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j x_j \to \max(min). \quad (6)$$

*Р-постановка* (максимізація цільової функції):

$$z = P\left(\sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j \ge z_{min}\right) \to \max, \quad (7)$$

де $z_{min}$ – задане допустиме мінімальне (найгірше) значення цільової функції.

*Р-постановка* (мінімізація цільової функції):

$$z = P\left(\sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j \le z_{max}\right) \to \max, \quad (8)$$

де $z_{max}$ – задане допустиме максимальне (найгірше) значення цільової функції.

Якщо коефіцієнти матриці обмежень A і вектора ресурсів b є випадковими величинами, то у відповідних співвідношеннях, за якими описують обмеження, використовують середні значення цих параметрів:

$$\sum_{j=1}^{n} M[a_{ij}]\, x_j \le M[b_i],\ i \in \overline{1,m} \quad \text{або} \quad \sum_{j=1}^{n} \bar{a}_{ij}\, x_j \le \bar{b}_i,\ i \in \overline{1,m}.$$

Тоді ймовірнісні обмеження для даної задачі будуть такими:

$$P\left(\sum_{j=1}^{n} \bar{a}_{ij}\, x_j \le \bar{b}_i,\right) \ge \alpha_i,\ i \in \overline{1,m}, \quad (9)$$

тобто ймовірності виконання кожного заданого обмеження повинні бути не менші за наперед задані значення $\alpha_i$, $(i \in \overline{1,m})$.

Наведені задачі стохастичного програмування як в *М*-постановці (5), (9), так і в *Р*-постановці (7), (9) або (8), (9) безпосередньо не розв'язуються. Одним із методів розв'язування таких задач є *перехід до їх детермінованих еквівалентів.* В основі цього переходу є використання розподілів ймовірностей на множинах значень відповідних випадкових величин і того факту, що сума незалежних випадкових величин з нормальними розподілами ймовірностей на множинах їх значень також є випадковою величиною з нормальним розподілом ймовірностей на множині її значень з відповідними параметрами [2]. Оскільки на практиці найчастіше використовується нормальний розподіл ймовірностей, то припустимо, що ймовірнісні об'єкти – коефіцієнти матриці обмежень A, вектора ресурсів b і вектора оцінок цільової функції $c$ – є випадковими величинами з нормальними розподілами ймовірностей на множинах їх значень з відповідними параметрами.

Тоді детерміновані постановки відповідних задач будуть такими.

*М-постановка* цільової функції:

$$z = \sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j x_j \to \max(min). \quad (10)$$

*Р-постановка* (максимізація цільової функції):

$$z = \frac{\sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j x_j - z_{min}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} \sigma_j^2 x_j^2}} \to \max, \quad (11)$$

*Р-постановка* (мінімізація цільової функції):

$$z = \frac{z_{max} - \sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j x_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} \sigma_j^2 x_j^2}} \to \max, \quad (12)$$

де $\bar{c}_j$, $\sigma_j^2$ $(j \epsilon \overline{1,n})$ – центри розсіювання (математичні сподівання) і дисперсії нормальних законів розподілів ймовірностей на множинах значень випадкових величин $c_j$ $(j \epsilon \overline{1,n})$.

Детермінований еквівалент ймовірнісних обмежень (9) для всіх наведених вище постановок (10) – (12) буде таким:

$$\sum_{j=1}^{n} \bar{a}_{ij}\, x_j \leq \bar{b}_i - t(\propto_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 x_j^2 + \sigma_i^2}\,, \qquad i \epsilon \overline{1,m},\, j \epsilon \overline{1,n} \tag{13}$$

де $\bar{a}_{ij}$, $\sigma_{ij}^2$ , $\bar{b}_i$, $\sigma_i^2$ $(i \epsilon \overline{1,m}, j \epsilon \overline{1,n})$ – центри розсіювання і дисперсії нормальних розподілів ймовірностей на множинах значень випадкових величин $a_{ij,}$ $b_i(i \epsilon \overline{1,m}, j \epsilon \overline{1,n})$ ; $t(\propto_i)$ , $i \epsilon \overline{1,m}$ – значення нормованої випадкової величини з нормальним стандартним розподілом ймовірностей на множині її значень відповідно до заданого рівня дотримання ймовірнісних обмежень $\propto_i$, $i \epsilon \overline{1,m}$ у співвідношенні (9).

Якщо порівняти обмеження за ресурсами в задачах стохастичного програмування (співвідношення 13) з аналогічними обмеженнями в задачах лінійного програмування, можна зробити такі висновки: врахування випадкового характеру величин $a_{ij}$ , $b_i$ приводить до зменшення наявних ресурсів відповідно на величини

$$t(\propto_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 x_j^2 + \sigma_i^2},\, i \epsilon \overline{1,m}\,. \tag{14}$$

Тобто виникає необхідність у додаткових ресурсах для гарантованого виконання плану.

Якщо для розглянутих нормальних розподілів ймовірностей на множинах значень випадкових величин відомі тільки математичні сподівання, а значення середніх квадратичних відхилень невідомі, то використовують так званий *коефіцієнт варіації*, який дорівнює відношенню середнього квадратичного відхилення розподілу ймовірностей випадкової величини до його середнього значення:

$$v = \frac{\sigma[X]}{M[X]}. \tag{15}$$

Коефіцієнт варіації – це міра відносного розсіювання розподілу ймовірностей на множині значень випадкової величини, за якою визначається, яку частку середнього значення розподілу ймовірностей цієї величини складає його середнє квадратичне відхилення. Коефіцієнт варіації використовують тільки для ненульових середніх значень.

Розглянуті вище задачі стохастичного програмування зводяться до задач нелінійної оптимізації – для їх розв'язування використовують відомі методи і засоби, зокрема інформаційні технології.

*Приклад.* Визначити оптимальну структуру виробництва 4-х видів продукції за критерієм максимуму прибутку, якщо нормативи витрат 3- х різних видів ресурсів (час, сировина, фінанси) на виробництво одиниці відповідної продукції – $a_{ij}$ , $i \epsilon \overline{1,3}$ , $j\epsilon \overline{1,4}$, наявні ресурси – $b_i$ , $i \epsilon \overline{1,3}$ і прибуток від реалізації одиниці продукції – $c_j$, $j\epsilon \overline{1,4}$ є випадковими величинами з нормальними розподілами ймовірностей на множинах їх значень з відомими відповідними параметрами – середніми значеннями $\bar{a}_{ij}$, $\bar{b}_i$, $\bar{c}_j$, $i \epsilon \overline{1,3}$ , $j\epsilon \overline{1,4}$, і коефіцієнтом варіації $v = 0{,}2$ (для всіх розподілів ймовірностей на множинах значень випадкових величин). Заданий рівень дотримання ймовірнісних обмежень для ресурсів – $\propto_i = 0{,}8$, $i \epsilon \overline{1,3}$ (Рис. 2).

F10 =SUMPRODUCT(B10:E10;$B$3:$E$3)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | План виробництва продукції | | | | | | | | | | |
| 2 | | Прод1 | Прод2 | Прод3 | Прод4 | | | | | | |
| 3 | План вир | 8,04 | 0,00 | 4,84 | 0,00 | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | $\bar{c}_j, j\epsilon \overline{1,4}$ | | | ЦФ | | $\propto_i =$ | 0,80 | | |
| 7 | | 60 | 70 | 120 | 130 | 1063 | max | $t(\propto_i) =$ | 0,84 | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | Ресурси | $\bar{a}_{ij}, i \epsilon \overline{1,3}$ , | | $j\epsilon \overline{1,4}$ | | $\sum_{j=1}^{n} \bar{a}_{ij} x_j$ | | $\bar{b}_i, i \epsilon \overline{1,3}$ | $\bar{b}_i - t(\propto_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 x_j^2 + \sigma_i^2}$ | | |
| 10 | Ресурс1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9,39 | <= | 16,00 | 13,23 | | |
| 11 | Ресурс2 | 6 | 5 | 4 | 3 | 41,49 | <= | 110,00 | 91,23 | | |
| 12 | Ресурс3 | 4 | 6 | 10 | 13 | 82,16 | <= | 100,00 | 82,16 | | |
| 13 | | коеф.вар | V= | 0,20 | | | | | | | |

*Рис. 2*

*Таблиця 1*

| № п/п | Діапазон клітин | Формула | Призначення |
|---|---|---|---|
| 1. | F7 | =SUMPRODUCT(B3:E3;B7:E7) | Обчислення значення цільвоїціціцільової функції (15) |
| 2. | F10:F12 | =SUMPRODUCT (B10:E10;$B$3:$E$3), скопіювати у діапазон F11:F12 | Обчислення значень лівої частини обмежень (16) |
| 3. | B15:E17 | {=(B10:E12)*D13} | Обчислення значень середніх квадратичних відхилень $\sigma_{ij}$, розподілу ймовірностей величин $a_{ij}$ $(i\epsilon\,\overline{1{,}3}; j\epsilon\,\overline{1{,}4})$ |
| 4. | H15:H17 | {=(H10:H12)*D13} | Обчислення значень середніх квадратичних відхилень $\sigma_i$ розподілу ймовірностей величин $b_i,\ i\epsilon\,\overline{1{,}3}$ |
| 5. | B19:B21<br>C19:C21<br>D19:D21<br>E19:E21 | =(B15^2)*($B$3^2), скопіювати у діапазон B20:E21<br>=(C15^2)*($C$3^2), скопіювати у діапазон C20:C21<br>=(D15^2)*($D$3^2), скопіювати у діапазон D20:D21<br>=(E15^2)*($E$3^2), скопіювати у діапазон E20:E21 | Обчислення значень $\sigma_{ij}^2 x_j^2$, $i\epsilon\,\overline{1{,}3}; j\epsilon\,\overline{1{,}4}$ для формування правої частини обмежень (16) |
| 6. | F19:F21 | =СУММ(B19:E19), скопіювати у діапазон F20:E21 | Для формування правої частини обмежень (16) |
| 7. | H19:H21 | =H15^2, скопіювати у діапазон H20:H21 | Обчислення значень $\sigma_i^2, i\epsilon\,\overline{1{,}3}$ для формування правої частини обмежень (16) |
| 8. | I19:I21 | =SQRT(SUM(F19;H19)), скопіювати у діапазон I20:I21 | Обчислення $\sqrt{\sigma_{ij}^2 x_j^2 + \sigma_i^2}$, $i\epsilon\,\overline{1{,}3}$, $j\epsilon\,\overline{1{,}4}$ для формування правої частини обмежень (16) |
| 9. | I7 | = NORMSINV (I6) | Обчислення за заданим значенням ймовірності $\propto_i = 0{,}8,\ i\ \epsilon\ \overline{1{,}3}$ оберненого значення стандартного нормального розподілу ймовірностей на множині значень випадкової величини $t(\propto_i)$ для формування правої частини обмежень (16) |
| 10. | J19 | =I19*$I$7, скопіювати у діапазон J20:J21 | Для формування правої частини обмежень (16) |
| 11. | I10:I12 | =H10-J19, скопіювати у діапазон I11:I12 | Остаточне формування правої частини обмежень (16) |

Наведемо математичну модель даної задачі в *М-постановці* цільової функції з детермінованими еквівалентами ймовірнісних обмежень:

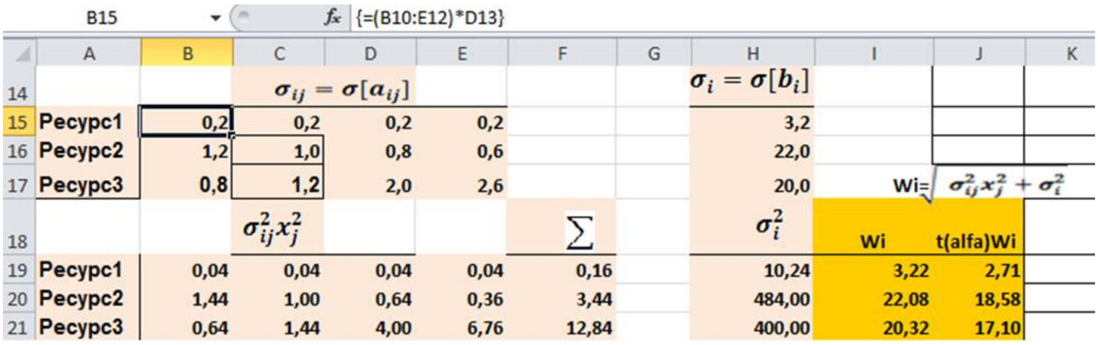
$$z = \sum_{j=1}^{4} \bar{c}_j x_j \to \max(min), \qquad (15)$$

$$\sum_{j=1}^{4} \bar{a}_{ij}\, x_j \le \bar{b}_i - t(\propto_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 x_j^2 + \sigma_i^2}\,, \qquad i\ \epsilon\ \overline{1{,}3}, \qquad (16)$$

$$x_j \geq 0,\ j\epsilon\ \overline{1{,}4}$$

де $\bar{c}_j$ , $j\epsilon\ \overline{1{,}4}$ – центри розсіювання (математичні сподівання) випадкових величин $c_j$, $j\epsilon\ \overline{1{,}4}$; $\bar{a}_{ij}$, $\sigma_{ij}^2$, $\bar{b}_i$, $\sigma_i^2$ $(i\epsilon\ \overline{1{,}3}\ ; j\epsilon\ \overline{1{,}4}\ )$ – центри розсіювання (математичні сподівання) і дисперсії відповідно розподілів ймовірностей випадкових величин $a_{ij,}\ b_i\ (i\epsilon\ \overline{1{,}3}\ ; j\epsilon\ \overline{1{,}4}\ )$; $t(\propto_i)$, $i\ \epsilon\ \overline{1{,}3}$ – значення нормованої випадкової величини з нормальним стандартним розподілом ймовірностей на множині її значень відповідно до заданого рівня дотримання ймовірнісних обмежень $\propto_i$= 0,8, $i\ \epsilon\ \overline{1{,}3}$.

За допомогою *MS Excel* оформимо робочий аркуш для даної задачі і запрограмуємо відповідні формули (табл.1), як показано на рисунках 2, 3.


B15 | $f_x$ {=(B10:E12)*D13}

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | | | $\sigma_{ij}=\sigma[a_{ij}]$ | | | | | $\sigma_i=\sigma[b_i]$ | | |
| 15 | Ресурс1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | 3,2 | | |
| 16 | Ресурс2 | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | | | 22,0 | | |
| 17 | Ресурс3 | 0,8 | 1,2 | 2,0 | 2,6 | | | 20,0 | Wi= $\sqrt{\sigma_{ij}^2x_j^2+\sigma_i^2}$ | |
| 18 | | | $\sigma_{ij}^2x_j^2$ | | | $\sum$ | | $\sigma_i^2$ | Wi | t(alfa)Wi |
| 19 | Ресурс1 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,16 | | 10,24 | 3,22 | 2,71 |
| 20 | Ресурс2 | 1,44 | 1,00 | 0,64 | 0,36 | 3,44 | | 484,00 | 22,08 | 18,58 |
| 21 | Ресурс3 | 0,64 | 1,44 | 4,00 | 6,76 | 12,84 | | 400,00 | 20,32 | 17,10 |

*Рис.3*

Скористаємось послугою *Пошук розв'язку* так, як показано на рисунку 4.

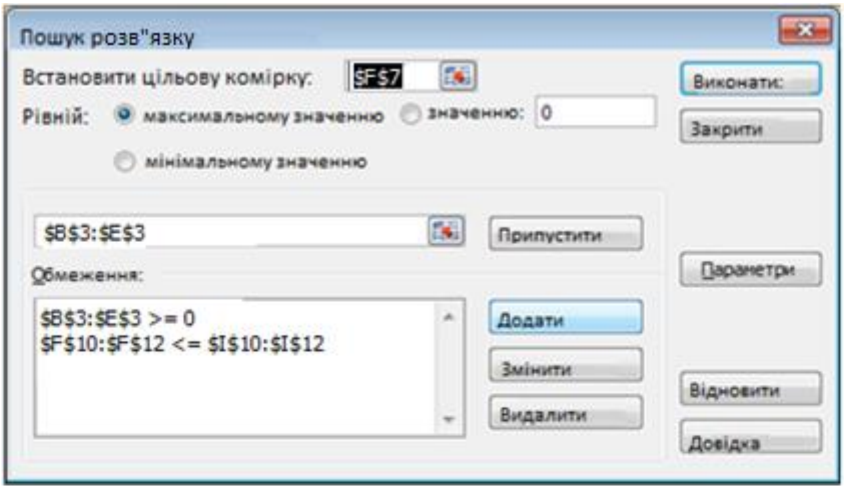



*Рис. 4*

Виберемо метод пошуку розв'язку нелінійних задач за методом узагальненого градієнта, який використовують для розв'язування нелінійних задач з достатньо гладкими розв'язками. Результат розв'язування задачі наведено на рисунку 2.

Для даного прикладу доцільним буде проведення таких видів аналізу.

1. Порівняти оптимальні розв'язки наведеної задачі планування виробництва у детермінованій і стохастичній постановках (для неперервного і цілочисельного випадків) за величиною відносного погіршення цільової функції (Рис. 5).

| | Детерм.з | Стохастична задача | |
|---|---|---|---|
| | | неперерв | цілочисл |
| Прод1 | 10,00 | 8,04 | 7 |
| Прод2 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| Прод3 | 6,00 | 4,84 | 5 |
| Прод4 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| ЦФ | 1320 | 1063 | 1020 |
| df | 1 | 0,805303 | 0,772727 |
| відн.погірш.ціл.ф. | | | |

*Рис. 5*

Висновок: урахування стохастичних вихідних даних погіршує результати оптимального розв'язку.

2. Проаналізувати вплив стохастичних умов на результати розв'язування задачі в залежності від різних заданих рівнів дотримання ймовірнісних обмежень для ресурсів – $\propto_i$, $i \in \overline{1,3}$ (Рис. 6).

| ALFA | ЦФ | df | Прод1 | Прод2 | Прод3 | Прод4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,500 | 1320 | 1,00 | 10,00 | 0,00 | 6,00 | 0,00 |
| 0,600 | 1239 | 0,94 | 9,38 | 0,00 | 5,63 | 0,00 |
| 0,700 | 1156 | 0,88 | 8,75 | 0,00 | 5,26 | 0,00 |
| 0,800 | 1063 | 0,81 | 8,04 | 0,00 | 4,84 | 0,00 |
| 0,900 | 939 | 0,71 | 7,10 | 0,00 | 4,28 | 0,00 |
| 0,995 | 604 | 0,46 | 4,56 | 0,00 | 2,75 | 0,00 |
| 0,997 | 561 | 0,43 | 4,24 | 0,00 | 2,56 | 0,00 |

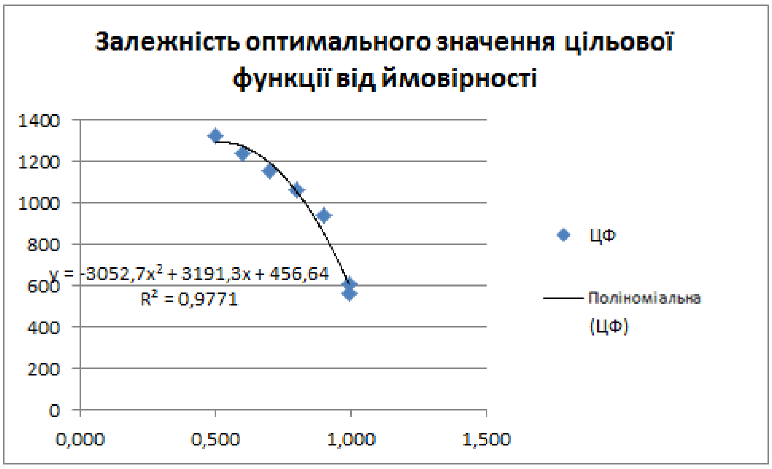



*Рис. 6*

Коефіцієнт кореляції $R^2$=0,977 є ознакою високої вірогідності отриманого рівняння поліноміальної регресії у розглянутій стохастичній залежності, за допомогою якої можна визначити значення цільової функції для будь-якого значення ймовірності в інтервалі (0,5;0,997).

3. Проаналізувати вплив стохастичних умов на результати розв'язування задачі в залежності від різних заданих значень коефіцієнта варіації – $v$ (Рис. 7).

| | | | | | ALFA= | 0,8 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V | ЦФ | df | Прод1 | Прод2 | Прод3 | Прод4 |
| 0,00 | 1320 | 1,00 | 10,00 | 0,00 | 6,00 | 0,00 |
| 0,05 | 1253 | 0,95 | 9,49 | 0,00 | 5,70 | 0,00 |
| 0,10 | 1187 | 0,90 | 8,99 | 0,00 | 5,40 | 0,00 |
| 0,15 | 1124 | 0,85 | 8,51 | 0,00 | 5,12 | 0,00 |
| 0,20 | 1063 | 0,81 | 8,04 | 0,00 | 4,84 | 0,00 |
| 0,25 | 1003 | 0,76 | 7,59 | 0,00 | 4,57 | 0,00 |
| 0,30 | 945 | 0,72 | 7,14 | 0,00 | 4,30 | 0,00 |

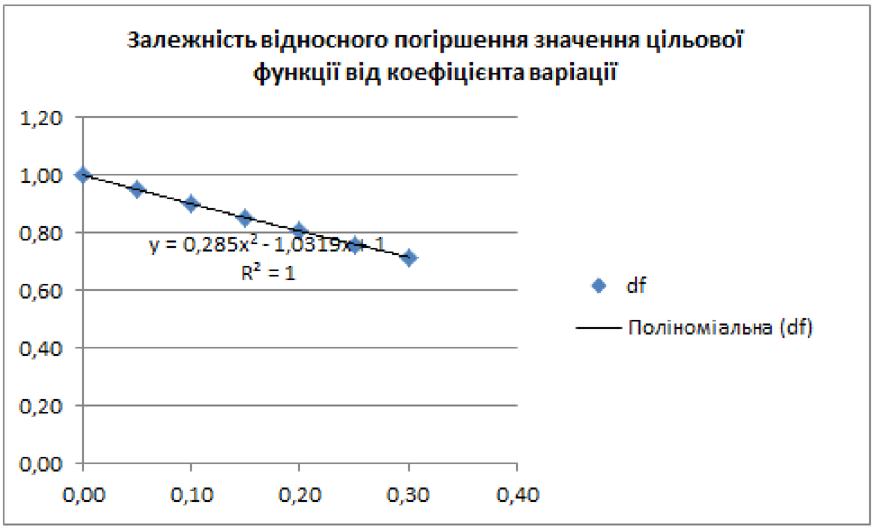



*Рис. 7*

Те, що коефіцієнт кореляції $R^2$=1, є ознакою того, що дана залежність є не ймовірнісною, а функціональною.

Наведемо математичну модель задачі знаходження оптимального плану роботи підприємства у *Р-постановці* (максимізація цільової функції) з детермінованими еквівалентами цільової функції та ймовірнісних обмежень:

$$z = \frac{\sum_{j=1}^{4} \bar{c}_j x_j - z_{min}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{4} \sigma_j^2 x_j^2}} \to \max, \tag{17}$$

$$\sum_{j=1}^{4} \bar{a}_{ij}\, x_j \le \bar{b}_i - t(\propto_i)\sqrt{\sigma_{ij}^2 x_j^2 + \sigma_i^2}\,, \qquad i \in \overline{1,3}, \tag{18}$$

$$x_j \ge 0,\; j \in \overline{1,4}$$

де $z_{min}$ – задане допустиме мінімальне (найгірше) значення цільової функції; $\bar{c}_j$ , $\sigma_j^2$ $(j \epsilon \overline{1,4})$ – центри розсіювання (математичні сподівання) і дисперсії розподілів ймовірностей на множинах значень випадкових величин $c_j$, $j \epsilon \overline{1,4}$; $\bar{a}_{ij}$, $\sigma_{ij}^2$, $\bar{b}_i$, $\sigma_i^2$ $(i \epsilon \overline{1,3}\,; j \epsilon \overline{1,4})$ – центри розсіювання (математичні сподівання) і дисперсії відповідно розподілів ймовірностей на множинах значень випадкових величин $a_{ij,}\ b_i$ $(i \epsilon \overline{1,3}\,; j \epsilon \overline{1,4})$; $t(\propto_i), i \in \overline{1,3}$ – значення нормованої випадкової величини з нормальним стандартним розподілом ймовірностей відповідно до заданого рівня дотримання ймовірнісних обмежень $\propto_i = 0{,}8$, $i \in \overline{1,3}$.

Розв'язати дану задачу нелінійної оптимізації можна як за допомогою наведених вище алгоритмів у середовищі MS Excel, так і за допомогою засобів систем комп'ютерної математики, наприклад Maple, розглянутих у роботі [4].

Такий підхід до навчання стохастичного програмування сприяє висвітленню міжпредметних зв'язків під час навчання теорії і методів оптимізації, теорії ймовірностей і математичної статистики та ряду інформатичних дисциплін, а також розвитку у студентів системи математичних та інформатичних компетентностей.

### Список використаних джерел

1. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с.
2. Жалдак М.І., Кузьміна Н.М., Міхалін Г.О. Теорія ймовірностей і математична статистика: Підручник для студентів фізико-математичних та інформатичних спеціальностей педагогічних університетів. Видання третє, перероблене і доповнене. – Київ. НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. – 705 с.
3. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. Підручник. – К. Видавничий дім «Слово», 2006. – 816с.
4. Кузьміна Н.М. Деякі методичні аспекти навчання основ теорії і методів оптимізації з комп'ютерною підтримкою // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2 Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / Редрада. – К. НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. – №15(22). – С. 42–49.
5. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – СПб.: BHV – Санкт-Петербург, 1997. – 384с.

### Обучение елементам стохастического программирования в педагогическом университете

***Кузьмина Н. Н.***

**Аннотация.** В статье рассматриваются некоторые методические аспекты обучения стохастическому программированию в курсе основ теории и методов оптимизации студентов информатических специальностей педагогических университетов. Приведена классификация неопределенностей и постановок задач, а также примеры их решения с использованием информационных технологий. Такой подход к обучению способствует освещению межпредметных связей и развитию у студентов математических и информатических компетентностей.

**Ключевые слова**: стохастическое программирование, неопределенность, М-постановка, Р-постановка.

### Teaching elements of stochastic programming at the pedagogical university

***Kuzmina N.***

**Resume.** The article reveals some methodological aspects of teaching stochastic programming in the course *Basics of Theory and Methods of Optimization* to students of informatics specialties of pedagogical universities. It gives the classification of uncertainties and problem statements, as well as the examples of their solution with the use of information technologies. Such an approach to teaching facilitates showing inter-subject connections and developing students' mathematical and informatics competencies.

K**eywords:** stochastic programming, uncertainty, M-statement, P-statement.

**УДК 37.016:5]:004**

**Підгорна Т. В.**
Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова

### Деякі аспекти педагогічно виваженого використання інформаційно-комунікаційних технологій під час навчання природничо-математичних дисциплін

**Анотація**. Одним з основних завдань навчання є інтелектуальний розвиток учнів. В статті розглянуто умови педагогічно виваженого використання інформаційно-комунікаційних технологій для інтелектуального розвитку учнів під час навчання природничо-математичних дисциплін. Наведено приклади навчальних завдань, під час виконання яких доцільно використовувати інформаційно-комунікаційні технології.