

УДК 519.816

С. В. Юхимчук, д. т. н, проф.;

В. В. Колодний, к. т. н, доц.;

Д. П. Зарезенко, асп.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА МЕТОДІ ДИСКРЕТНО-НЕПЕРЕРВНОГО АНАЛІЗУ РОЗПОДІЛУ КОРИСНОСТІ

Розглянуто питання розв'язання задач теорії прийняття рішень за допомогою методу дискретно-неперервного аналізу розподілу корисності та використання програмних засобів системи підтримки прийняття рішень «СППР ДНАРК-2007» для автоматизації цього процесу.

Вступ

В роботах [1—3] зазначено, що практика розв'язання багатьох задач прийняття рішень в умовах невизначеності засвідчила обмеженість придатності класичних методів зняття невизначеностей (наприклад, отримання експертним шляхом окремих ймовірностей настання декількох наслідків). На жаль, все частіше зустрічаються досить актуальні задачі прийняття рішень, в яких невизначеність наслідків обумовлена концептуальною системною нестабільністю. Проявами такої нестабільності можуть бути сумісні впливи економічних, екологічних, соціальних, політичних, правових, психологічних та інших видів об'єктивно існуючої нестабільності. Системна нестабільність у ситуаціях з дією людського фактору найчастіше проявляє себе як постійні непередбачені зміни «правил гри», що призводить до частого порушення різноманітних домовленостей (договорів, угод, обіцянок тощо) [1—3].

Така системна нестабільність «розминає» окремі *дискретні* (точкові) наслідки, для яких корисність можна чітко визначити окремим конкретним числом. Таким чином утворюються *інтервальні* наслідки з неперервною, нескінченно-континуальною множиною значень корисності. Такі інтервальні наслідки є досить незручними для їхнього аналізу та застосування за використання класичних та багатьох сучасних методів теорії прийняття рішень. Огрублення реальності, яке традиційно здійснюється при заміні інтервальних наслідків декількома точковими наслідками в більшості випадків не є виправданим, оскільки призводить до втрати адекватності моделей в задачах прийняття рішень і в результаті до хибних рішень.

Метою дослідження є розробка і створення програмного засобу системи прийняття рішень на основі методу дискретно-неперервного аналізу розподілу корисності (ДНАРК) для підвищення ефективності обробки експертних даних та прискорення процесу прийняття рішень на основі цих даних. Підвищення ефективності буде здійснюватись за рахунок створення зручних засобів введення експертних даних у систему і прискорення їх обробки засобами ЕОМ.

Теоретичні основи методу дискретно-неперервного аналізу розподілу корисності

Метод ДНАРК [1, 2] складається з двох взаємопов'язаних фаз:

1. Фаза дискретного аналізу розподілу корисності (ДАРК);
2. Фаза неперервного аналізу розподілу корисності (НАРК).

Основною передумовою застосування методу ДНАРК є наявність невизначеностей щодо настання наслідків та існування заданого показника оцінки будь-якого наслідку (корисності), яку можна виразити дійсним числом. Під час застосування методу здійснюється побудова та аналіз дискретно-неперервного розподілу корисностей наслідків.

Фаза ДАРК полягає у аналізі дискретних наслідків, і її алгоритм складається з такої послідовності дій:

1. Виділяються всі суттєві дискретні наслідки $S_j (j = \overline{1, k})$, для яких можна визначити точне

числове значення корисності u_j . Кількість цих наслідків k бажано мінімізувати (рекомендована їх кількість $k < 10$).

2. Експертним шляхом, або іншими існуючими методами визначаються прогнозовані ймовірності настання P_j всіх виділених точкових наслідків (у першому наближенні).

3. Аналізується виконання умови $\sum_{j=1}^k P_j < 1$, і у разі її порушення здійснюється корегування (уточнення значень P_j).

В результаті виконання фази ДАРК отримуються експертні дані щодо дискретних наслідків та ймовірностей їхнього настання.

Фаза НАРК полягає у аналізі неперервних наслідків, кожен з яких заданий певним законом розподілу на інтервалі. Алгоритм фази НАРК складається з такої послідовності дій:

1. Задається граничне значення ймовірності настання інтервального наслідку P_{\min} , менше якого інтервальний наслідок вважається практично неможливим;

2. Аналізується інтервальний наслідок $S_{(-\infty; u_1)}$, для якого $-\infty < u < u_1$ і визначається обмежувальна зліва точка з найбільшою абсцисою u_0 , для якої виконуються умови

$$\begin{cases} P\{-\infty < u < u_0\} < P_{\min}; \\ P\{u_0 \leq u < u_1\} \geq P_{\min}; \end{cases} \quad (1)$$

3. Аналізується інтервальний наслідок $S_{(u_k; +\infty)}$, для якого $u_k < u < +\infty$ і визначається обмежувальна справа точка з найменшою абсцисою u_{k+1} , для якої виконуються умови

$$\begin{cases} P\{u_{k+1} < u < +\infty\} < P_{\min}; \\ P\{u_k < u \leq u_{k+1}\} \geq P_{\min}. \end{cases} \quad (2)$$

В результаті виконання алгоритму фази НАРК утворюється область визначення корисності можливих наслідків (u_0, u_{k+1}) , яка розділяється на $k + 1$ інтервальних наслідків, а саме суміжні інтервали (u_0, u_1) , (u_1, u_2) , ..., (u_k, u_{k+1}) . Границями цих суміжних інтервалів є точкові наслідки, які були визначені на фазі ДАРК.

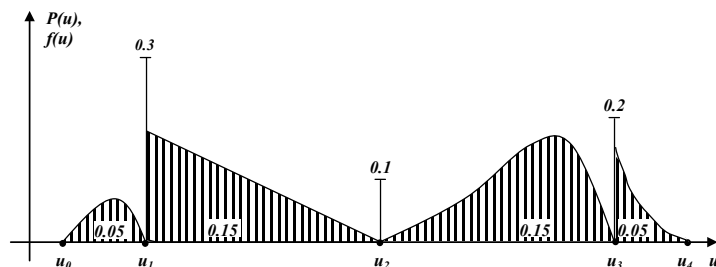


Рис. 1. Дискретні і неперервні наслідки

4. Для кожного інтервального наслідку будується ескіз щільності розподілу корисності (прогнозовані суттєві особливості форми: зростання або спадання, опуклість, лінійність, асиметричність та ін.). Побудова цих ескізів не потребує від експертів додаткових обчислень і дотримання масштабу, що є перевагою методу ДНАРК перед іншими можливими методами (рис. 1).

5. Для кожного інтервального наслідку експертним шляхом визначається ймовірність його настання $P_{(0,1)}$, $P_{(1,2)}$, ..., $P_{(k,k+1)}$ з обов'язковим аналізом виконання умови

$$\sum_{j=1}^k P_j + \sum_{j=0}^k P_{(j,j+1)} = 1. \quad (3)$$

Ця умова нормування означає, що всі точкові і інтервальні наслідки разом утворюють повну групу подій. У разі порушення цієї умови здійснюється корегування значень ймовірностей.

Після здійснення фаз ДАРК і НАРК необхідно провести спільний аналіз дискретно-неперервного розподілу корисності, що утворився. Перш за все обчислюється математичне очікування корисності для всіх інтервальних наслідків. Після цього інтервальні наслідки можна замінити дискретними наслідками, що мають точкові значення корисності – математичне очікування відповідного інтервального наслідку $M[u_{(j,j+1)}]$ та відповідне значення ймовірності його настан-

ня $P_{(j,j+1)}$.

Очікувану корисність певної альтернативи обчислюють за формулою

$$M[u] = \sum_{j=1}^k u_j P_j + \sum_{j=0}^k M[u_{(j,j+1)}] \cdot P_{(j,j+1)}. \quad (4)$$

Досить інформативними індикаторами для прийняття рішень можуть бути також дисперсія дискретної частини розподілу $D_{ДАРК}[u]$ і неперервної частини розподілу $D_{НАРК}[u]$, та загальна дисперсія $D[u]$ дискретно-неперервного розподілу корисності $D[u]$:

$$D[u] = D_{ДАРК}[u] \sum_{j=1}^k P_j + D_{НАРК}[u] \sum_{j=0}^k P_{(j,j+1)}. \quad (5)$$

Таким чином, у методі ДНАРК зняття невизначеності здійснюється за допомогою аналізу $2k+1$ наслідків (k точкових наслідків та $k+1$ інтервальних наслідків). Зрозуміло, що це полегшує аналіз (порівняно з реально існуючою нескінченною кількістю наслідків), і, в той самий час, підвищує точність математичних моделей (порівняно з k дискретними наслідками).

Система підтримки прийняття рішень «СППР ДНАРК-2007»

В процесі виконання алгоритму методу ДНАРК виникає необхідність аналізувати дискретні та неперервні наслідки на осі корисності. Неперервні наслідки задаються за допомогою ескізів щільності розподілу корисності і в процесі їх обробки обчислюється математичне очікування корисності для кожного неперервного наслідку, з подальшим представленням неперервного наслідку у вигляді точкового наслідку зі значенням корисності, рівним знайденому математичному очікуванню. Оскільки побудова і аналіз ескізів щільності розподілу корисності є досить трудомістким процесом, який вимагає високої точності обчислень, тобто виконання цих дій людиною вимагає високих затрат ресурсів та часу, була створена система підтримки прийняття рішень на основі математичного апарату методу ДНАРК – СППР ДНАРК-2007 [4].

Система була створена засобами мови програмування C++ в середовищі розробки Borland C++ Builder 6.0 і пристосована до роботи на базі операційної системи Microsoft™ Windows XP (9x/2000/ME).

Створений програмний засіб дозволяє вводити допустимі межі зміни корисності, дані про дискретні наслідки, дані про неперервні наслідки, включаючи ескізи щільності розподілу корисності для неперервних наслідків. СППР автоматично аналізує ескізи неперервних наслідків, знаходить математичне очікування і перетворює неперервні наслідки на точкові.

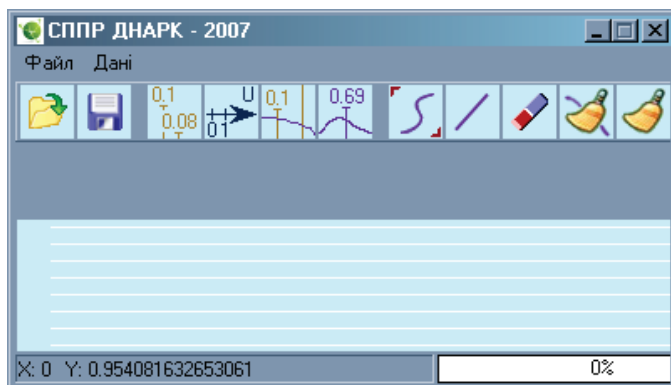













Рис. 2. Основне вікно СППР ДНАРК-2007

Система є простою у використанні і має зручний покроковий інтерфейс користувача з можливістю повернення до будь-якого кроку в будь-який момент часу. Основне вікно програмного засобу СППР ДНАРК-2007 складається з таких основних функціональних елементів (рис. 2).

У верхній частині розміщене головне меню програмного засобу, яке містить основні функціональні елементи. Для більш зручного користування програмним засобом нижче розташовані функціональні кнопки, які повністю дублюють елементи меню, вони мають такі функціональні призначення (розташовані зліва направо):

-  Завантаження раніше створеного проекту;
-  Збереження поточного проекту;
-  Виклик форми введення даних про дискретні наслідки;

-  Виклик форми введення допустимих меж зміни величини корисності;
-  Виклик форми введення даних про неперервні наслідки;
-  Знаходження математичних очікувань корисності для неперервних наслідків і перетворення їх в точкові;
-  Ввімкнення ручного режиму рисування неперервних ліній;
-  Ввімкнення автоматичного режиму рисування прямих ліній;
-  Ввімкнення режиму витирання ліній;
-  Видалення з поля робочого графіка ескізів неперервних наслідків;
-  Очищення поля робочого графіка.

В основній частині головного вікна розміщене поле основного графіка, на яке наносяться дискретні наслідки і ескізи неперервних наслідків. Нижче від поля основного графіка розміщена інформаційна панель, на якій в процесі роботи з СППР виводиться поточні дані (координати курсору миші при рисуванні ескізів неперервних наслідків, статус обробки даних при пошуку математичних очікувань та ін.).

Окрім основної форми в СППР ДНАРК-2007 містяться такі форми введення даних:

- Форма введення даних про дискретні наслідки (рис. 5);
- Форма введення допустимих меж зміни величини корисності (рис. 6);
- Форма введення даних про неперервні наслідки (рис. 7).

В ідеальному випадку виклик даних форм здійснюється послідовно і користувач СППР вводить відповідні дані, але у випадку введення помилкових даних і потребі їх виправлення, або просто за потреби зміни даних, також можна викликати будь-яку з вище описаних форм окремо і змінити дані. Після цього необхідно лише заново запустити процес обробки даних за алгоритмами методу ДНАРК.

Зразу після введення числових даних у форми з'являється можливість рисування ескізів щільності розподілу корисності для неперервних наслідків.

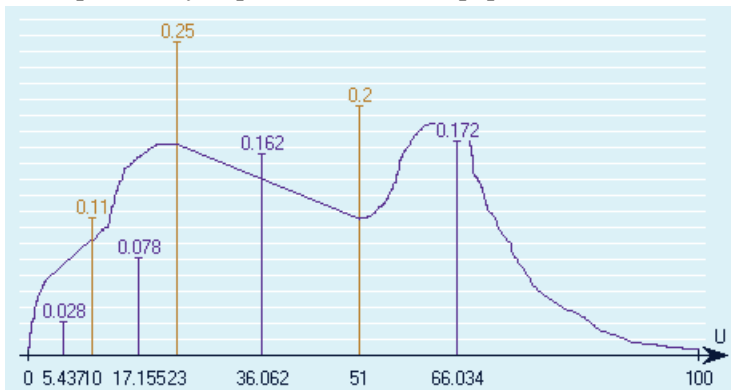


Рис. 3. Графічний результат роботи СППР ДНАРК-2007

Після введення необхідних для обробки даних у форми СППР, нанесення ескізів щільності розподілу корисності для неперервних наслідків та запуску процесу обробки даних за алгоритмами методу ДНАРК система видасть відповідний графік з результатами обробки даних (рис. 3).

На рис. 3 світлим кольором позначені дискретні наслідки, а темним — знайдені за допомогою методу ДНАРК **еквівалентні точкові наслідки**, що відповідають ескізам щільності розподілу корисності для **неперервних наслідків** (ескі-

зи також позначені **темним кольором**).

Окрім введення неперервних наслідків до дискретних і виводу графічного результату, система СППР ДНАРК-2007 також знаходить очікувану корисність, використовуючи математичний апарат методу ДНАРК. Це дозволяє зробити подальші висновки і прийняти кінцеве рішення.

Створений програмний продукт СППР ДНАРК-2007 призначений для підтримки прийняття рішень при розв'язанні задач прийняття рішень за допомогою методу ДНАРК. Основною метою використання даного програмного засобу є автоматизація процесів обчислень за допомогою чисельних методів та підвищення точності проведення обчислень. Використання даної СППР прискорює обробку даних, підвищує точність обчислень та суттєво зменшує витрати часу і ресурсів порівняно з ручною обробкою тих самих даних за допомогою метода ДНАРК.

Приклад аналітичного розв'язання задачі прийняття рішень

Розглянемо в якості елементарного приклада таку досить розповсюджену задачу прийняття рішень в умовах невизначеності: у підприємця попросили дати в борг 10 000 грн. за умови отримання ним через місяць 11 000 грн. Підприємець приймає рішення: погоджуватися на ці умови і давати в борг, чи ні. Класичне розв'язання цієї задачі із застосуванням критерію Байєса-Лапласа буде таким. Визначимо множину допустимих альтернатив $A = \{a_1, a_2\}$, де a_1 – давати в борг, a_2 – не давати в борг. Визначимо множину можливих наслідків $S = \{S_1, S_2\}$, де S_1 – боргові зобов'язання виконані; S_2 – боргові зобов'язання не виконані. Під корисністю u_{ij} будемо розуміти прибуток підприємця в гривнях через місяць після обрання альтернативи a_i у разі настання наслідку S_j . Припустимо, що експертним шляхом визначена ймовірність того, що боргові зобов'язання будуть виконані $P_{11} = 0,9$. Тоді таблиця рішень (суміщені матриці корисностей та ймовірностей) буде мати вигляд:

	S_1	S_2	Очікувана корисність альтернативи a_i
a_1	1000 0,9	-10000 0,1	$\sum_j u_{1j}P_{1j} = 900 - 1000 = -100$
a_2	0 1,0		$\sum_j u_{2j}P_{2j} = 0$

Оскільки $u(a_1) < u(a_2)$, то альтернатива a_1 вважається гіршою, ніж альтернатива a_2 і тому підприємцю краще гроші в борг не давати: $a_{opt} = a_2$.

Але можна помітити, що цілком можливим є наслідок S_3 , коли борг буде повернуто вчасно, але без винагороди (без прибутку), тобто $u_{13} = 0$. Також можливі наслідки, коли буде повернуто лише частину боргу (невідому, яку), тобто $-10000 < u_1 < 0$, або частину обіцяного прибутку (також невідому, яку), тобто $0 < u_1 < 1000$. Яким же чином можна врахувати цю нескінченну кількість наслідків? Як визначити корисності і ймовірності цих усіх наслідків?

Проведені дослідження показали, що у багатьох практичних випадках можна зняти існуючу невизначеність щодо нескінченної кількості наслідків шляхом експериментальної побудови ескізів графіків щільності дискретно-неперервних розподілів імовірності.

Для того, щоб зберігалась повна група можливих наслідків (умова $\sum_j P_{ij} = 1$), пропонується враховувати як окремі точкові наслідки, ймовірність яких можна визначити експертними методами, так і проміжні (інтервальні), нескінченно-континуальні множини наслідків, для яких можна побудувати ескізи щільності розподілів. Математичне очікування утвореного дискретно-неперервного розподілу корисності усіх без винятку точкових і інтервальних наслідків і буде очікуваною корисністю відповідної альтернативи. Єдиною додатковою умовою є обмеженість корисності зліва і справа ($-\infty < u_{ij} < +\infty$).

Покажемо, що врахування навіть одного додаткового наслідку S_3 суттєво впливає на вибір оптимальної альтернативи. Припустимо, що ймовірність $P_{13} = 0,05$. Рядок таблиці рішень для першої альтернативи a_1 набуде вигляду

	S_1	S_2	S_3	Очікувана корисність альтернативи a_i
a_1	1000 0,9	-10000 0,05	0 0,05	$\sum_j u_{1j}P_{1j} = 900 - 500 + 0 = 400$

Оскільки ми отримали $u(a_1) > u(a_2) = 0$, то альтернатива a_1 тепер вважатиметься кращою ніж альтернатива a_2 , і тому підприємцю краще давати в борг: $a_{opt} = a_1$.

Таким чином, введення лише одного додаткового (навіть точкового) наслідку змінило результати розв'язання задачі прийняття рішень на протилежні. Зрозуміло, що врахування можливих інтервальних наслідків також може суттєво впливати на вибір найкращої альтернативи a_{opt} .

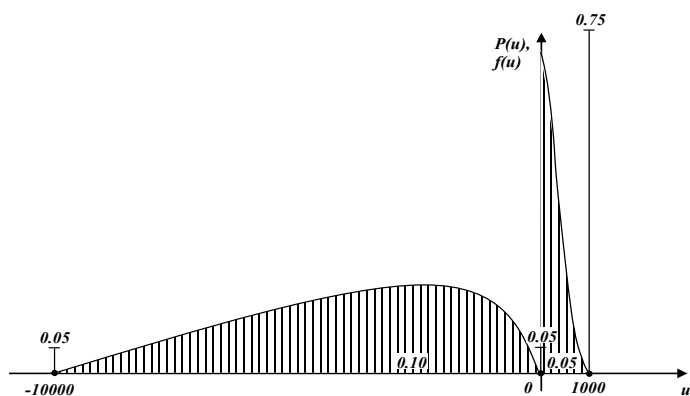


Рис. 4. Дискретні і неперервні наслідки в задачі про борг

такі значення: $P_{11} = 0,75$; $P_{12} = 0,05$; $P_{13} = 0,05$; $P_{14} = 0,05$; $P_{15} = 0,1$.

Графічно дискретні та інтервальні наслідки можна зобразити таким чином (дискретні наслідки зображені стовпчиками з підписаними зверху ймовірностями їх настання, інтервальні наслідки зображені ескізами функції щільності розподілу ймовірності, рис. 4):

Далі для зручності і для відповідності системі позначень, описаній в математичному апараті методу ДНАРК, прийнемо такі позначення:

1. Наслідки пронумеруємо від 1 до 5 в порядку їх слідування зліва-направо вздовж осі корисності. Тобто наслідки позначатимуться як $S_i (i = \overline{1,5})$.

2. Корисності кожного дискретного наслідку нумеруватимуться, починаючи з 0 і позначатимуться як $u_i (i = \overline{0, k-1})$, де k – кількість дискретних наслідків.

3. Корисності кожного неперервного наслідку позначатимуться як $u_{(i,i+1)}$, де i – номер дискретного наслідку, що обмежує неперервний наслідок зліва.

4. Ймовірності настання кожного наслідку будуть мати індекси відповідні до індексів корисності даного наслідку.

У прийнятих вище позначеннях очікувані корисності та ймовірності настання наслідків можна записати так:

Наслідок	Очікувана корисність	Ймовірність настання
S_1	$u_0 = -10000$	$P_0 = 0,05$
S_2	$-10000 < u_{(0,1)} < 0$	$P_{(0,1)} = 0,10$
S_3	$u_1 = 0$	$P_1 = 0,05$
S_4	$0 < u_{(1,2)} < 1000$	$P_{(1,2)} = 0,05$
S_5	$u_2 = 1000$	$P_2 = 0,75$
		$\sum_{j=0}^2 P_j + \sum_{j=0}^1 P_{(j,j+1)} = 1.$

Тепер постає питання: які значення корисності

потрібно обрати в якості $u_{(0,1)}$ та $u_{(1,2)}$? Зрозуміло, що для інтервальних наслідків найбільш доцільним є обрання математичного очікування корисності на відповідних інтервалах. Але знаходження математичного очікування по ескізу неможливо здійснити на практиці без використання сучасних комп'ютерних технологій.

Рис. 5. Форма введення даних про дискретні наслідки

Позначимо додаткові інтервальні наслідки $S_4 (-10000 < u_1 < 0)$, $S_5 (0 < u_1 < 1000)$ і експертним шляхом визначимо відповідні ймовірності настання цих наслідків P_{14}, P_{15} . Зазвичай при цьому виникає потреба у коригуванні усього рядка ймовірностей P_{1j} також і для точкових наслідків з урахуванням обов'язкової умови $\sum_j P_{1j} = 1$.

Припустимо, що після коригування (уточнення) ймовірностей були отримані

Розв'язання задачі за допомогою СППР «ДНАРК-2007»

Розв'яжемо описану вище задачу за допомогою СППР ДНАРК-2007. Для цього введемо інформацію про дискретні наслідки (рис. 5).

Після цього задамо межі зміни корисності для нашої задачі, оскільки найменше значення очікуваної корисності -10000 , а найбільше значення 1000 , то прийнемо ці значення за межі зміни корисності

(рис. 6). Слід зазначити, що система, аналізуючи введену раніше інформацію про дискретні наслідки, сама пропонує мінімальне і максимальне значення корисності.

Далі необхідно ввести інформацію про ймовірності настання кожного із неперервних (інтервальних) наслідків. Система сама визначає кількість і межі неперервних наслідків, аналізуючи раніше введену інформацію про дискретні наслідки і межі зміни корисності (рис. 7).

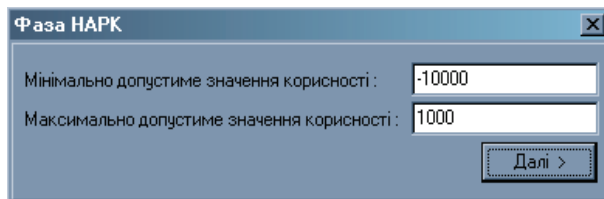


Рис. 6. Форма введення допустимих меж зміни величини корисності

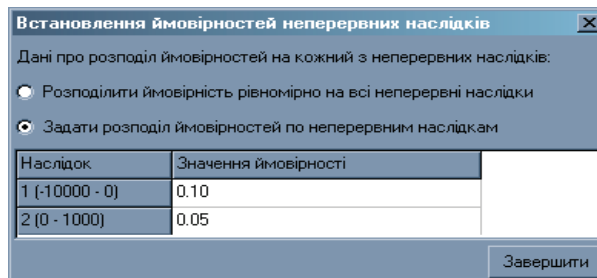


Рис. 7. Форма введення даних про неперервні наслідки

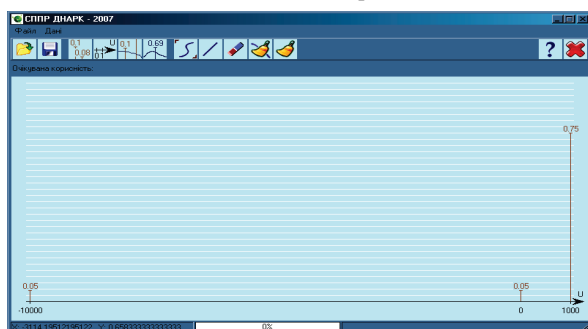


Рис. 8. Дискретні наслідки

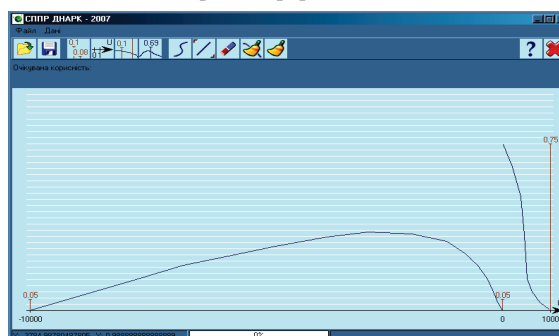


Рис. 9. Ескізи неперервних наслідків

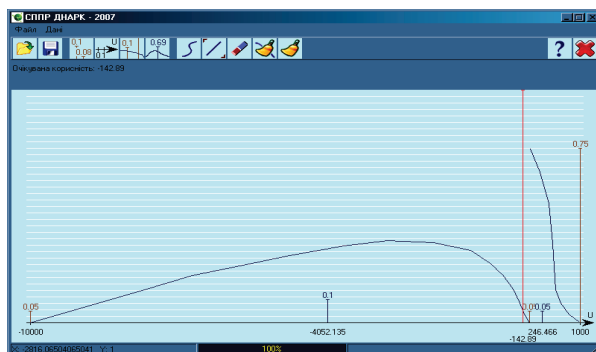


Рис. 10. Результат розв'язку задачі за допомогою СППР ДНАРК-2007

Після введення усіх числових даних в полі основного графіку отримаємо графічне зображення дискретних наслідків на осі корисності (рис. 8).

Нанесемо в полі основного графіку ескізи щільності розподілу корисності для неперервних наслідків. Для цього скористаємося графічними можливостями програмного засобу СППР ДНАРК-2007 (рис. 9).

Після виконання описаних вище дій натиснемо на кнопку виконання алгоритму знаходження очікуваної корисності на основі

математичного апарату методу ДНАРК. Отримаємо числовий результат, що являтиме собою очікувану корисність, а також графічне відображення результату у вигляді дискретного наслідку на осі корисності, який матиме корисність, рівну очікуваній, і ймовірність настання, рівну сумарній ймовірності настання усіх наслідків (дискретних і неперервних) (рис. 10).

Оскільки очікувана корисність, яка фактично є можливим прибутком підприємця у гривнях, рівна – 142,89 (за даних експертних ескізів щільності розподілу корисності), то підприємцю не слід давати гроші в борг.

Висновки

Математичний апарат методу дискретно-неперервного аналізу розподілу корисності (ДНАРК) дозволяє більш гнучко описувати умову задач прийняття рішень, точніше розв'язувати задачі такого типу і враховувати оцінки декількох експертів (кожен експерт може задати власні ескізи щільностей розподілу корисності).

Створений програмний продукт СППР ДНАРК-2007 [4] призначений для підтримки прийняття рішень при розв'язку ЗПР за допомогою методу ДНАРК. Він дозволяє автоматизувати процеси обчислень за допомогою числових методів та підвищити точність обчислень очікуваної корисності

в задачах прийняття рішень. Використання даної системи підтримки прийняття рішень прискорює обробку даних, підвищує точність обчислень та суттєво зменшує витрати часу і ресурсів порівняно з ручною обробкою тих самих даних за допомогою метода ДНАРК. Зі збільшенням роздільної здатності екрану точність нанесення ескізів зростає, та, відповідно, зростає точність розв'язання задач прийняття рішень.

Програмний засіб СППР ДНАРК-2007 має широкі графічні можливості, які реалізовані для підтримки точного нанесення ескізів експертами. Ескізи можна наносити як за допомогою неперервних кривих ліній, так і за допомогою ламаних, що реалізовано послідовним нанесенням відрізків ескізу. Помилкові фрагменти ескізів можна видаляти та перемальовувати на будь-якому етапі розв'язання задачі прийняття рішень.

Важливим є те, що метод ДНАРК і систему СППР ДНАРК-2007 можна використовувати для прогнозування курсів валют, вартості нафти чи дорогоцінних металів та в інших важливих прикладних задачах, які потребують швидкого розв'язання і прийняття рішення на основі наукового обґрунтування прогнозу. За допомогою програми СППР ДНАРК-2007 можна значно підвищити точність таких прогнозів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колодний В. В. Метод дискретно-неперервного аналізу розподілу корисності для прийняття рішень в умовах системної нестабільності / В. В. Колодний // ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2006 (IES-2006): зб. матеріалів міжнар. наук.-техн. конф. Том 2. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — С. 558—559.
2. Колодний В. В. Метод зняття невизначеності в задачах прийняття рішень з дискретно-неперервними наслідками / В. В. Колодний // Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології: матеріали міжнар. наук.-техн. конференції. — Чернівці : Рута, 2006. — С. 81—83.
3. Hans-Jürgen Zimmermann. Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems / Hans-Jürgen Zimmermann. — Springer, 1987. — 335 p. — ISBN 0898381495, 9780898381498.
4. Юхимчук С. В. Система підтримки прийняття рішень на основі методу дискретно-неперервного аналізу розподілу корисності / С. В. Юхимчук, В. В. Колодний, Д. П. Зарезенко // Інформаційні технології і інформаційна безпека в науці, техніці і освіті «ІНФОТЕХ-2007»: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. — Севастополь : СевНТУ, 2007. — Ч. 1, с. 119—122.

Кафедра інтелектуальних систем

Надійшла до редакції 21.10.08
Рекомендована до друку 20.11.08

Юхимчук Сергій Васильович — завідувач кафедри; **Колодний Володимир Володимирович** — доцент; **Зарезенко Дмитро Павлович** — аспірант.

Кафедра інтелектуальних систем, Вінницький національний технічний університет