

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЯМИ

ЛЬОВКІН В.М., ДУБРОВІН В.І.

Пропонується модель підтримки прийняття рішень у процесі управління інвестиціями, а також інформаційна технологія управління інвестиціями на основі розроблених методів та моделі. Описується система підтримки прийняття рішень з управління інвестиціями.

1. Вступ

Економічний зріст у будь-якій господарчій системі пов'язаний з накопиченням деяких коштів, які вивільнюються з поточного обігу та вкладаються в розвиток інвестицій, що завжди обмежені в кількості, а тому актуальним завданням є визначення напрямків їх ефективного використання. У сучасних умовах високоефективна методологія управління інвестиціями повинна дозволяти:

- оцінювати ефективність інвестицій з урахуванням факторів ризику та невизначеності в процесі обґрунтування інвестицій, бізнес-планування;
- проводити відбір та оцінку інвестиційної привабливості конкретних проектів;
- оцінювати інвестиційні якості окремих фінансових інструментів та відбирати найбільш ефективні з них;
- виконувати планування та оперативне управління реалізацією конкретних інвестиційних проектів;
- виконувати аналіз інвестиційного ринку та формувати інвестиційний портфель компанії;
- забезпечувати ефективне виконання інвестиційного процесу, включаючи управління змінами та підготовку рішень про своєчасне закриття неефективних проектів або продаж окремих фінансових інструментів та реінвестування капіталу тощо [1].

У попередніх роботах щодо даної проблеми було запропоновано та розглянуто модифікований метод управління інвестиційним портфелем (ПІ) на основі D-

оцінок Руссмана, метод прогнозування ризику неупішності реального інвестування [2], метод прогнозування відхилення фактичних результатів реального інвестування від запланованих [3] та проведено їх експериментальне дослідження.

Існуючі моделі управління інвестиціями не дозволяють організувати ефективну підтримку прийняття групових рішень у процесі інвестування у проекти та портфелі цінних паперів (ЦП) з використанням механізмів прогнозування. Тому необхідно розробити відповідну модель підтримки прийняття рішень, а також систему підтримки прийняття рішень (СППР) з управління інвестиціями.

2. Прийняття групових рішень у процесі управління інвестиціями

Індивідуальні рішення потребують менше часу для прийняття порівняно з груповими, оскільки не вимагають узгодження на проміжних етапах. Однак це не стосується розв'язання проблем, які пов'язані з великими часовими затратами на збір та аналіз необхідної інформації. Індивідуальні рішення мають більший ризик виявитися невірними порівняно з груповими, що безпосередньо пов'язано зі складністю проблем, які розглядаються організаціями та вимагають багатоаспектного розгляду, а отже, спеціалізованих знань. Тому управлінські рішення мають прийматися на основі обговорення, шляхом залучення фахівців різних профілів.

Групове прийняття рішень має переваги порівняно з індивідуальним: інформаційне забезпечення процесу прийняття рішень; залучення фахівців, які спеціалізуються на різних аспектах даної проблеми, у результаті чого створюється цілісна картина як в описі проблемної ситуації, так і в шляхах її можливого розв'язання; підвищена відповідальність і мотивація кожного члена групи [4].

Прийняття рішення щодо інвестування є не тільки важливим завданням, але й пов'язано з великими витратами, що робить даний процес відповідальним. Тому рішення відносно вибору шляхів для інвестування має прийматися колегіально, причому учасники

мають погодити своє рішення і прийняти його якомога більшою частиною голосів. Таким чином, розробка моделі підтримки прийняття рішень з управління інвестиціями безпосередньо вимагає визначення механізмів підтримки прийняття групових рішень у процесі управління реальними інвестиціями та інвестиційними портфелями. Найбільш відомими методами групового прийняття рішень є метод номінальної групи і метод Дельфі [4].

Модель підтримки прийняття рішень у процесі управління інвестиціями передбачає на першому етапі визначення розподілу наявних коштів для інвестування в окремі проекти та у портфелі ЦП.

Частина коштів, виділена для реальних інвестицій, розподіляється між проектами, відібраними серед набору альтернативних. Для цього виконується збір всієї інформації, доступної за проектом. Далі оцінюється рівень визначеності всіх розглядуваних проектів – Project Definition Rating Index (PDRI), який охоплює показники, пов'язані з документацією на проект. Для групового оцінювання визначеності інвестиційних проектів необхідно розподілити ролі таким чином, щоб оцінювання частини показників відбувалось одними експертами, а іншої частини – іншими. У такому випадку доцільно розподілити ролі за документацією, яку кожна група експертів аналізує, і сформувати підгрупи, члени кожної з яких можуть працювати незалежно один від одного і контактувати за допомогою розробленої системи управління інвестиціями.

На першому етапі кожен експерт оцінює відповідні показники, які входять до його поля зору. Для цього формується анкета, яка складається з запитань про визначеність кожного конкретного показника. Варіанти відповідей на першому етапі не передбачені, а визначаються у числовому вигляді кожним експертом.

Далі отримані відповіді аналізуються комп'ютером і знаходяться середні значення, мінімальне та максимальне за кожним показником. Відповідно до процедури методу Дельфі відбувається узгодження значень показників і в результаті отримуються інтервали значень та середні показники для кожного елемента інструментарію встановлення рівня PDRI кожного проекту. Кожний показник кожного інвестиційного проекту в результаті буде визначений трикутним нечітким числом, що дозволить використати його на наступних етапах вибору проектів для інвестування. Прогнозування ризику неуспішності та відхилення фактичних результатів інвестування від планових відбувається для крайніх границь та центру інтервалу трикутного числа, що визначає значення PDRI кожного проекту. Прогнозовані оцінки разом з іншою доступною інформацією за інвестиційним проектом використовуються для прийняття рішень про вибір шляхів інвестування експертами.

Вибір шляхів реального інвестування з набору альтернативних напрямків вимагає оцінювання кожної

альтернативи, що потребує визначення процедур підтримки прийняття групових рішень та індивідуального оцінювання. Для розв'язання останньої проблеми було розглянуто багатокритеріальні методи прийняття рішень, визначено їх переваги та недоліки [5].

Запропоновано використовувати нечіткий метод аналізу ієрархій [6] для оцінювання можливих напрямків реального інвестування експертами, що дозволяє приймати рішення за умов невизначеності даних, пропонуючи особам, які приймають рішення, зручний інструментарій роботи з кількісними даними в тому числі. Даний метод можна представити у вигляді такої процедури.

Нехай $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множина об'єктів, а $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ – множина цілей. Відповідно до даного методу обирається кожний об'єкт і аналіз виконується відносно кожної мети. Отже, m значень для кожного об'єкта позначимо $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$, для всіх $i = 1, 2, \dots, n$, де M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) – трикутні нечіткі числа.

Обчислення ваг альтернатив складається з таких етапів [6].

Етап 1. Значення нечіткої міри по відношенню до i -го об'єкта визначається за формулою:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}.$$

Етап 2. Нехай $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ та $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ – 2 трикутні нечіткі числа. Тоді рівень ймовірності того, що $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$, може бути визначено так:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{\tilde{M}_1(x)}, \mu_{\tilde{M}_2(y)}) \right].$$

У даному випадку x та y – значення на осі функції приналежності для кожного критерію. Цей вираз можна записати інакше:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } m_2 \geq m_1; \\ 0, \text{ якщо } l_1 \geq u_2; \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \text{ інакше.} \end{cases}$$

Етап 3. Ступінь ймовірності того, що опукле нечітке число більше за k опуклих нечітких чисел M_i ($i = 1, 2, \dots, k$), можна визначити так:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2), \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k.$$

Зауважимо, що $d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ для $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$. Далі вектор ваг може бути визначено так:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T,$$

де A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – n елементів.

Етап 4. Визначаються нормовані вектори ваг.

Для вибору експертів, які працюють над набором альтернативних шляхів інвестування, визначається спеціалізація експертів: окремі групи експертів відповідають за окремі типи інвестиційних проектів. Для цього проводиться тестування експертів, коли кожному з них пропонується оцінити проекти різних типів і за результатами створюються групи експертів, відповідальних за кожен тип проекту. На подальших етапах переформатування груп експертів (зокрема у випадку зміни складу загальної групи експертів в організації) може бути проведено за результатами відборів інвестиційних проектів для реалізації або додаткового тестування.

Для визначення типів інвестиційних проектів запропоновано використовувати кластерний аналіз. Він виконується на основі карт самоорганізації Кохонена, які базуються на навчанні без вчителя, тобто не потребують наперед заданої інформації щодо класу, до якого належать вхідні дані. Таким чином, застосовуючи карти самоорганізації Кохонена, необхідно визначити на основі заданих ознак за вхідними даними їх належність до одного з типів інвестиційних проектів. Для проведення кластерного аналізу запропоновано використовувати модифікацію даного алгоритму – Density Tracking SOM, яка на відміну від класичного варіанту виконує зсув вагових векторів наприкінці кожної епохи навчання в бік сусіда, навколо якого зосереджена більша кількість точок даних. Для визначення типу інвестиційного проекту застосовуються такі ознаки: показник PDRI проекту, його планові витрати та тривалість виконання.

Набір альтернативних шляхів реального інвестування зазвичай складається з проектів різних типів (інакше розглядається окремий випадок, коли всі проекти набору альтернатив належать до одного типу). Запропоновано формувати групу експертів, відповідальну за вибір інвестиційних проектів серед набору альтернативних, таким чином, щоб структура набору проектів за типами була аналогічною зі структурним складом експертів за їх спеціалізацією. Використання експертів, які спеціалізуються на різних типах проектів, у одній групі дозволить поглянути на проблему та оцінювані проекти з різних боків, що має забезпечити всебічний розгляд доступних проектів, який зокрема пов'язаний з аналізом та оцінюванням ризиків. Для всебічного розгляду альтернативних проектів пропонується проводити ітеративний процес їх вибору. Важливо забезпечити уникнення передчасної “збіжності” процесу вибору проектів для інвестування, тобто рішення, прийняте одразу, може бути передчасним і не враховувати всіх можливих аспектів. Для цього на кожній ітерації кількість розглядуваних проектів має зменшуватися, що повинно дозволити експертам поглянути на проекти з іншого боку порівняно з іншим набором альтернатив.

З набору альтернативних напрямків реального інвестування може обиратися як один інвестиційний про-

ект, так і деякий набір для реалізації. Нехай завдання полягає в тому, щоб вибрати з набору альтернативних проектів N_{pr} проектів для реалізації.

Після того, як обрано склад експертної групи, яка відповідає за вибір інвестиційних проектів, проводиться ітеративний процес відбору. Для кожної ітерації потрібно визначити кількість проектів, які необхідно відібрати. На кожній ітерації кожен експерт з відібраної експертної групи оцінює кожен проект за допомогою нечіткого методу аналізу ієрархій. При цьому кожен експерт може побудувати свою ієрархію, яка відповідає його баченню проблеми. Сума ваг, розрахованих на основі оцінок, виставлених кожним експертом проекту, визначає його загальну оцінку P_{pr} . На кожній ітерації відбирається N_{pr} проектів, які мають найвищі загальні оцінки P_{pr} . Тоді якщо на поточній ітерації необхідно відібрати N_{pr_i} проектів, то інші $N_{pr_i} - N_{pr}$ проектів, які необхідно відібрати до набору на даній ітерації, визначаються методом рулетки, що використовується для відбору батьківських хромосом для схрещування в генетичному алгоритмі. При цьому до участі можуть бути допущені не всі $N_{pr_{i-1}} - N_{pr}$ проектів, а тільки $N_{pr_i} - N_{pr} - N_b$. Число N_b визначає кількість найгірших проектів за оцінкою P_{pr} , які для участі у відборі методом рулетки допущені не будуть.

Методом рулетки за $N_{pr_i} - N_{pr}$ її запусків необхідно відібрати $N_{pr_i} - N_{pr}$ проектів. При кожному запуску рулетки генерується число випадковою функцією з рівномірним розподілом щільності ймовірності на відрізьку $[0; 1]$, яке визначає проект, що потрапляє на наступну ітерацію відбору, за своєю належністю до інтервалу $[x_{j-1}; x_j]$. Ширина кожного інтервалу визначається величиною оцінки P_{pr_j} проекту, пронормованою на суму оцінок всіх проектів, допущених до участі в даному запуску. При цьому проект, відібраний на даному запуску, виключається з відбору, а ширина інтервалу кожного проекту перелічується. У результаті буде відібрано N_{pr_i} проектів, кожний з яких знову має оцінити кожен член експертної групи. На останній ітерації буде відібрано N_{pr} проектів для інвестування.

Для відібраних реальних інвестицій на основі визначеного значення PDRI та окремих його показників визначаються критичні елементи, рівень визначеності яких необхідно покращити. Для цього застосовуються метод аналогій, метод аналізу чутливості, на основі чого встановлюються елементи PDRI, які мають найбільший вплив на ризикованість інвестиційного проекту. Аналогічна процедура проводиться і на пізніших етапах управління проектами вже в процесі виконання. Для цього може розраховуватися знову показник PDRI проекту.

Формування ІІ відбувається за допомогою модифікованого методу управління ІІ на основі D-оцінок важкості. Постійно проводиться моніторинг поточного стану портфеля на основі значення рівня важкості

досягнення мети з поточного положення системою управління ІІ та відхилення поточної дохідності від очікуваної траєкторії її зміни .

Розглядувана модель передбачає використання методу Дельфі для планування результатів інвестування в портфель ЦП. Однак необхідно враховувати прогнозовану оцінку на основі модифікованого методу управління ІІ на основі D-оцінок Руссмана, яка визначається за допомогою нечіткого методу групового врахування аргументів: прогнозується траєкторія руху системи протягом планового періоду, тобто дохідність у кожній точці планового періоду, а вже за результатами даного прогнозу можна отримати загальну дохідність ІІ на плановому періоді.

Відхилення запропонованого варіанту для планування результату кожним експертом від прогнозованої оцінки розраховується автоматизовано. Визначаються також максимальне, мінімальне та середнє відхилення. На наступному етапі результати повідомляються кожному експерту, і він повинен обґрунтувати такі відхилення від прогнозованого значення (наприклад, посилаючись на економічні показники) і може скоригувати своє прогнозоване значення. Дана процедура закінчується тоді, коли зміна в позиціях експертів на останній ітерації є незначною. Середнє значення приймається як запланований результат інвестування.

3. Система підтримки прийняття рішень з управління інвестиціями

Розроблену інформаційну технологію управління інвестиціями на основі методів прогнозування ризику неуспішності [1] та відхилення фактичних результатів інвестування від запланованих [2], модифікованого методу управління портфелем цінних паперів на основі D-оцінок Руссмана, моделі підтримки прийняття рішень у процесі управління інвестиціями реалізовано у вигляді СППР з управління інвестиціями InvMan. СППР розроблено за допомогою середовища розробки програмного забезпечення Microsoft Visual C++ 2010 та пакету наукових програм Scilab 5.3.

СППР InvMan розроблено на основі клієнт-серверної архітектури. Структурну схему СППР InvMan представлено на рис. 1.

Клієнтські додатки використовуються експертами в процесі прийняття групових рішень, а серверний додаток проводить аналіз пропозицій окремих експертів, координує їх діяльність з метою вироблення єдиного рішення, аналізує наявні дані про цінні папери на фондовому ринку, реальні інвестиції і виконує прогнозування майбутніх характеристик ринку, формування ІІ, прогнозування результатів інвестування в проекти під управлінням лідера експертної групи.

Експерт може взяти участь в одному з наступних процесів (обрати один з доступних на момент запуску додатку варіантів можна за допомогою відповідної форми):

- оцінити визначеність інвестиційного проекту за показником PDRI;
- оцінити альтернативні напрямки інвестування;
- визначити запланований результат інвестування в портфель ЦП.

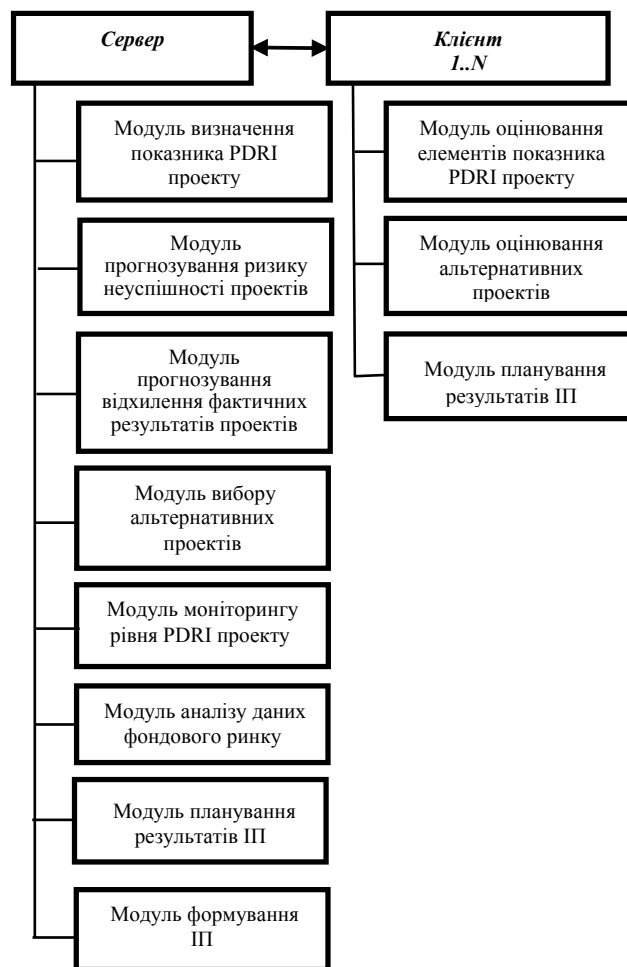


Рис.1. Структурна схема СППР InvMan

Експерт оцінює визначеність деякої групи елементів інструментарію PDRI, відведеної для нього лідером експертної групи, для кожного інвестиційного проекту за допомогою відповідної форми (рис.2). На першому етапі експерт власноруч оцінює кожний елемент за допомогою значення від 0 до 5, а на подальших – отримує значення максимальної, мінімальної та середньої визначеності кожного елемента і обґрунтовує встановлені значення або змінює їх.

До оцінювання набору альтернатив допускаються ті експерти, які обрані до сформованої групи відповідно за типовим складом інвестиційних проектів. Альтернативні напрямки інвестування експерт оцінює за допомогою нечіткого методу аналізу ієрархій (рис.3), визначаючи ієрархію критеріїв, порівнюючи критерії та альтернативи за кожним критерієм та встановлюючи рівень переваги одного елемента над іншим у вигляді трикутного нечіткого числа.

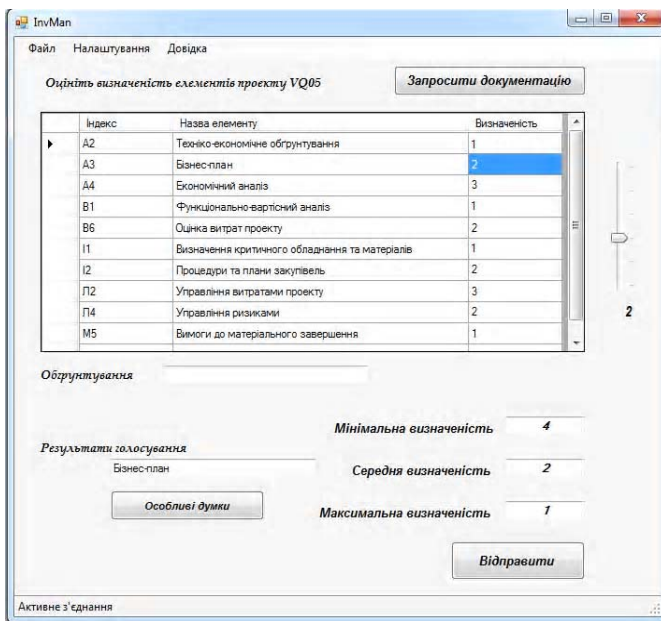


Рис.2. Оцінювання рівня визначеності елементів PDRI

екту або його моніторингу, а також може розпочати групове прийняття рішень для даного процесу, визначає набір альтернатив для вибору напрямків інвестування, запускає процес групового вибору шляхів інвестування для реалізації серед альтернативних (рис.5).

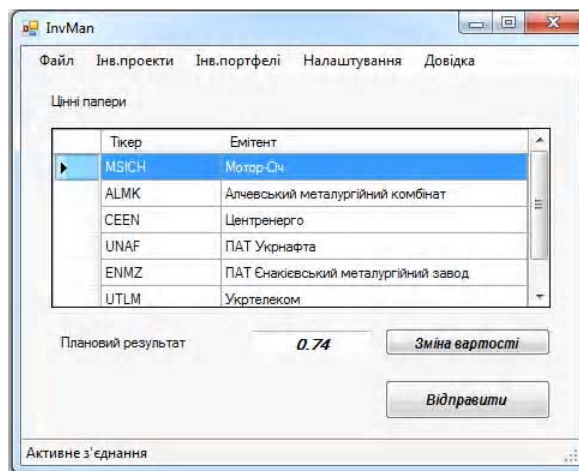


Рис.4. Планування результатів інвестування в портфель ЦП

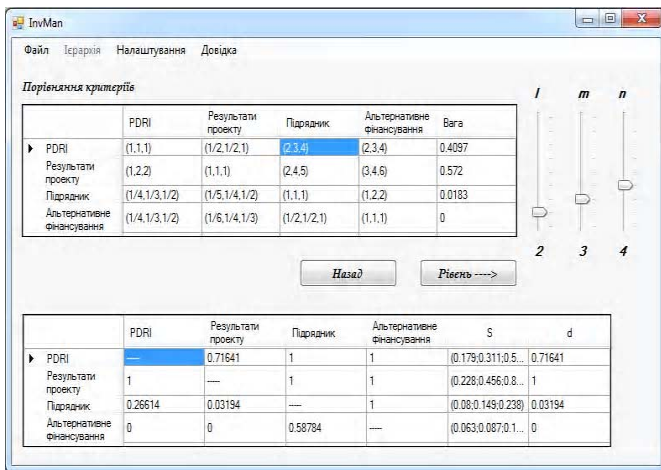


Рис.3. Оцінювання альтернативних напрямків інвестування

Визначаючи запланований показник інвестування в портфель ЦП, експерт отримує список всіх доступних ЦП на фондовому ринку для вкладання коштів, графіки зміни їх вартості протягом минулих аналогічних періодів (рис. 4). На наступних етапах експерту пропонується пояснити відхилення встановленого ним значення результату від значення, отриманого за допомогою нечіткого методу групового врахування аргументів. У результаті проведення декількох етапів прийняття рішень, контрольованих лідером експертної групи, визначається запланований результат інвестування, який в подальшому використовується для формування ІП.

Серверний додаток дозволяє працювати лідеру експертної групи з інвестиційними проектами та портфелями, організовуючи дану роботу у вигляді двох відповідних закладок.

Використовуючи закладку "Інвестиційні проекти", лідер експертної групи визначає ролі експертів у процесі встановлення рівня визначеності інвестиційного про-

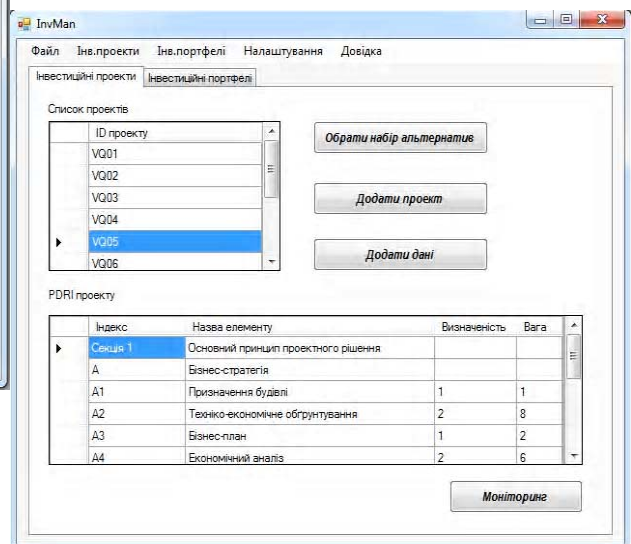


Рис.5. Серверний додаток у режимі "Інвестиційні проекти"

Управління інвестуванням у портфелі ЦП лідер експертної групи виконує за допомогою вкладки "Інвестиційні портфелі" (рис.6). При натисненні на кнопку "Аналіз даних" розпочинається збір актуальних даних з зовнішніх джерел інформації та їх аналіз: прогнозування інтервалу швидкості зміни доходності цінних паперів та траєкторії зміни їх вартості протягом планового періоду, визначення запланованого результату інвестування в портфель ЦП. При натисненні на кнопку "Планування" розпочинається групове прийняття рішення щодо встановлення планового результату інвестування. За натисненням кнопки "Формування портфеля" розпочинається процес оптимізації ІП, за результатами якого лідер експертної групи може ініціювати придбання ЦП у визначеній кількості.

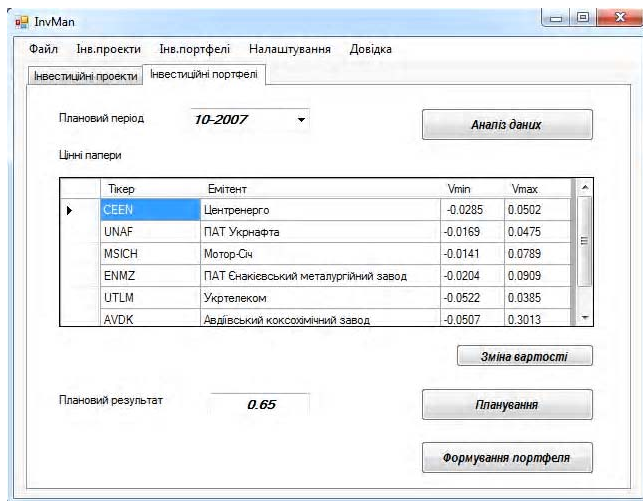


Рис. 6. Серверний додаток у режимі “ІП”

СППР InvMan – експертна система обробки інформації для прийняття рішень, а також система підтримки рішень в умовах ризику та невизначеності на основі відповідної інтелектуальної інформаційної технології.

4. Висновки

Розглянуто проблему управління інвестиціями. Представлено інформаційну технологію управління інвестиціями на основі розроблених методів та моделі. Розроблено систему підтримки прийняття рішень з управління інвестиціями на основі клієнт-серверної архітектури, яка використовується для автоматизованої переробки інформації про цінні папери й інвестиційні проекти та управління інвестиціями і є комп'ютерною системою електронного бізнесу.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що запропоновано модель підтримки прийняття рішень у процесі управління інвестиціями, яка на відміну від існуючих інтегрує механізми прогнозування майбутніх результатів реального інвестування та портфелів цінних паперів, оцінювання ризиків реальних інвестицій та портфелів у процес управління, включає механізми підтримки прийняття групових рішень на різних етапах управління інвестиціями, ґрунтується на викори-

станні нечіткого методу аналізу ієрархій для оцінювання альтернатив, що дозволяє організувати підтримку процесу управління інвестиціями як на етапі вибору інвестиційних проектів та портфелів, так і на етапі моніторингу у процесі реалізації зручним для експертів способом.

Література: 1. Мазур *И.И.* Управление проектами : Учебное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге; под общ. ред. И.И. Мазура. 5-е изд., перераб. М. : Омега-Л., 2009. 960 с. 2. Дубровін, *В.І.* Метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії передпроектного планування / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Праці Одеського політехнічного університету. 2011. №1 (35). С. 106-111. 3. Льовкін *В.М.* Прогнозування фактичних результатів проекту на стадії передпроектного планування / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін, В.Ф. Оніщенко // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. 2011. №1 (24). С. 44-51. 4. Воронкова *В.Г.* Управління людськими ресурсами: філософські засади: навчальний посібник / В.Г. Воронкова, А.Г. Беліченко, О.М. Попов, Н.О. Резанова; під ред. В.Г. Воронкової. К.: Професіонал, 2006. 440 с. 5. Дубровін *В.І.* Модифікації методу аналізу ієрархій / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін, Н.О. Миронова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2009. №1 (131). Ч.2. С. 41-47. 6. Ertugrul, *I.* The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for supplier selection and an application in a textile company / Erfan Ertugrul, Nilsen Karakasoglu // Proceedings of 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems (May 29-31, 2006). Sakarya University, 2006. P. 195-207.

Надійшла до редколегії 08.08.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Гоменюк С.І.

Льовкін Валерій Миколайович, аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету. Наукові інтереси: прийняття рішень, управління ризиками, інформаційні технології. Адреса: Україна, 69063, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, тел. (061)7698267 E-mail: vliovkin@gmail.com.

Дубровін Валерій Іванович, канд. техн. наук, професор кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету. Наукові інтереси: прийняття рішень, управління якістю, інформаційні технології. Адреса: Україна, 69063, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, тел. (061)7698267 E-mail: vdubrovin@gmail.com.