

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МІР І НЕЧІТКИХ КРИТЕРІЇВ

В основу запропонованої теорії моделювання організації будівництва з використанням нечітких мір входять наступні моделі:

- 1) модель ідентифікації ризику виконавців будівельних проектів з використанням лінгвістичних оцінок теорії нечітких мір;
- 2) побудована з використанням нечітких параметрів мережна модель “роботи-вершини” із принципово новим набором параметрів;
- 3) модель оптимізації з використанням нечітких критеріїв, що на підставі результатів розрахунку попередніх моделей є методичним інструментом вибору раціональних альтернатив ресурсно-календарних моделей організації будівництва.

Математична формалізація моделі ідентифікації ризику виконавців представлена у виді (1):

$$\begin{aligned} \|ML\| = \|ML_1 - ML_6\| \rightarrow \|L_{bj}\| \rightarrow RP_1 \rightarrow |SR_j| \rightarrow \\ RP_2 \rightarrow |FuzR_j| \rightarrow \|Tr^{INV}j\| \rightarrow \|Ind^Tj\| \rightarrow \|Ind^Wj\| \rightarrow \\ \|D^{INV}\| \rightarrow RP_3 \end{aligned} \quad (1)$$

де $\|ML\|$ – шкала лінгвістичних оцінок ризику, пропонованих теорією нечітких мір, використовуваних ЛПР у якості первинних для оцінки ризику потенційного виконавця БМР (підрядчика);

$\|L_{ij}\|$ – матриця лінгвістичних оцінок, привласнених виконавцеві ЛПР (інвестором, експертами), в умовах повної невизначеності може бути отримана також з використанням генератора випадкових чисел;

$|SR_j|$ – вектор сукупних оцінок, що погоджує первинні N_2 оцінки ризику по всім ЛПР для j -го виконавця;

$FuzR_j$ – вектор вторинних оцінок ризику виконавців, що дозволяють виявити майбутній сценарій освоєння інвестицій даним виконавцем по усім відведеним йому роботам будівельного проекту;

RP_1 – передбачена методикою розрахункова процедура узгодження отриманих організаціями-виконавцями оцінок первинних стосовно первинних оцінок по усіх виконавцях $j = 1:-N_2$ і всім ЛПР $h = 1:-N_3$;

RP₂ – передбачена методикою розрахункова процедура переходу від сукупних первинних оцінок ризику до вторинних оцінок;

Tr^{INV}_j – тип епюри розподілу інвестицій по роботах проекту, пропонованих даному виконавця з обліком отриманих вторинних оцінок ризику;

Ind^T_j – визначений на підставі оцінок SR_j і FuzR_j індекс приросту (скорочення) тривалості виконання БМР даним виконавцем;

Ind^W_j – визначений на підставі оцінок SR_j і FuzR_j індекс приросту базової кошторисної вартості (договірної ціни підряду) при виконанні БМР даним виконавцем;

D^{INV} – поостренная з обліком Tr^{INV}_j, Ind^T_j, Ind^W_j діаграма очікуваного освоєння даним підрядчиком засобів інвестора при виконанні відведених йому БМР (фрагмент програмної реалізації даної процедури представлений на рис. 1).

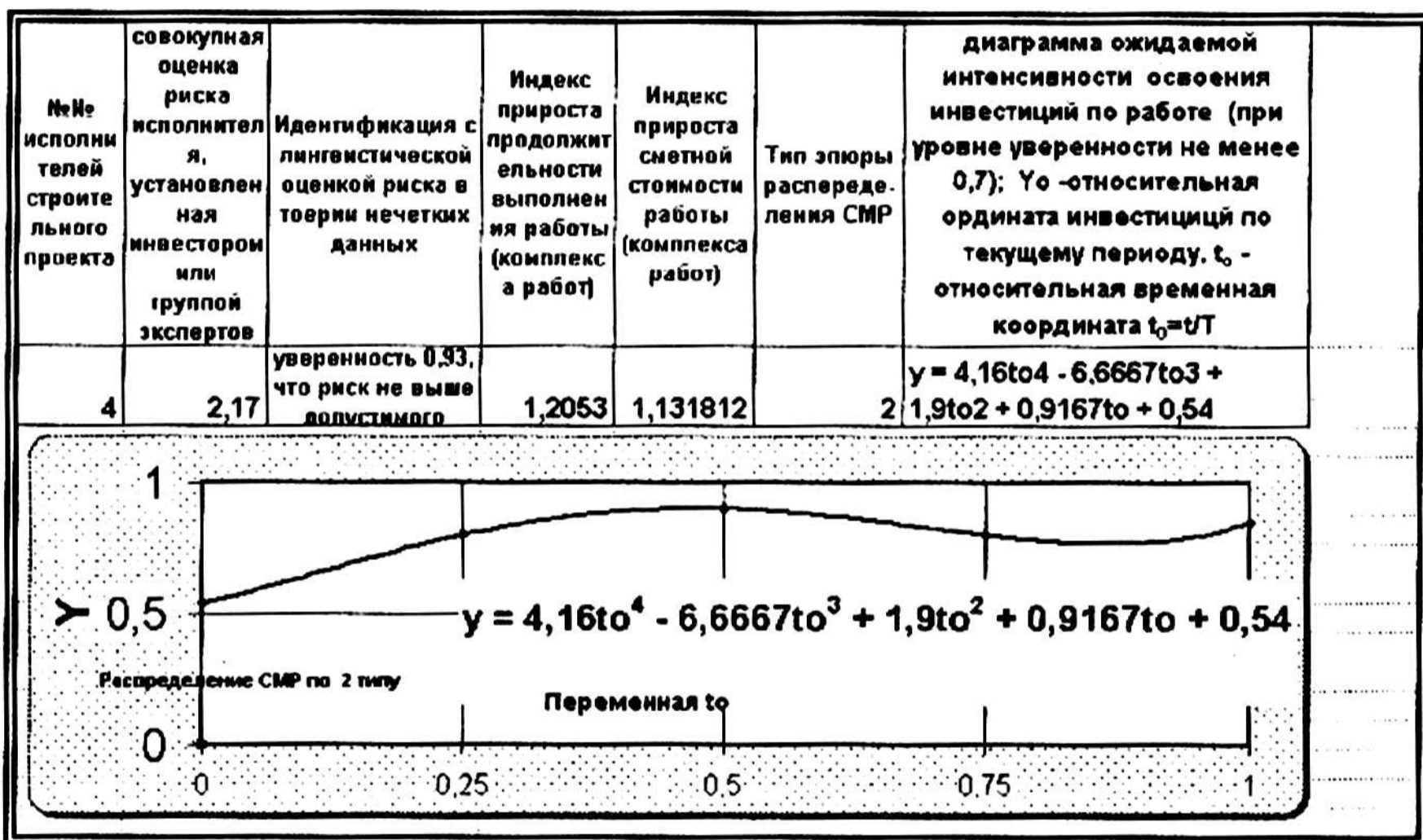


Рис. 1. Оцінки ризику підрядчика і тип розподілу БМР.

Модель дозволяє просто і вірогідно ідентифікувати ризик виконавців (комплексів БМР) з використанням лінгвістичних оцінок ризику, пропонованих теорій нечітких мір. За допомогою спеціальної процедури RP₁ отримані організаціями-виконавцями первинні оцінки ризику перетворюються в сукупні. Це дозволяє виявити очікуваний індекс приросту (скорочення) тривалості виконання роботи Ind^T_j і приросту (скорочення) базової кошторисної вартості БМР Ind^W_j :

$$\text{Ind}^T_j = 0,2637 \ln(\text{SR}_j) + 1,01 \quad (2)$$

$$\text{Ind}^W_j = 0,981 e^{0,0659 * \text{SR}_j} \quad (3)$$

Модель реалізована в прикладну методику. Результатом методики є формування раціонального для інвестора списку підрядчиків разом з діаграмами очікуваної інтенсивності освоєння інвестицій по роботах будівельного проекту, побудовані з урахуванням ризику потенційних з рівнем упевненості не менш 0,7.

Для обліку невизначеності будівельного виробництва в умовах змішаної економіки пропонується інноваційна організаційно-технологічна модель у виді мережного графа “роботи-вершини” (рис. 2) із принципово новим набором параметрів.

Модель являє собою сукупність елементів моделі – матриць, з’єднаних між собою зв’язками “кінець–початок”, “кінець–кінець”, “початок–початок”. Модель D формалізується у виді тривимірного масиву (4):

$$D = |||D_{mp}^i|||, i=1:-N_1, m=1:-4, p=1:-3;$$

$$D_{11}^i = J; D_{12}^i = \text{SR}_j; D_{13}^i = W_B^i;$$

$$D_{21}^i = \text{PH}^i; D_{22}^i = \text{Rez}^i; D_{23}^i = \text{PO}^i; \quad (4.1)$$

$$D_{31}^i = \text{ПН}^i; D_{32}^i = t_j^i; D_{33}^i = \text{ПО}^i;$$

$$D_{41}^i = \text{Tr}^{\text{INV}i}_j; D_{42}^i = \text{Int}^i_j; D_{43}^i = W_{Bj}^i;$$

$$\text{PH}^i = \max \{in\text{PO}^i\}; \text{PO}^i = \text{PH}^i + t_{ij}; \text{Rez}^i = \text{PO}^i - \text{PH}^i = \text{ПО}^i - \text{ПН}^i;$$

$$\text{ПН}^i = \text{ПО}^i - t_j^i; t_j^i = t_i^B * \text{Ind}^T_j; \text{ПО}^i = \min \{out\text{ПН}^i\}; \quad (4.2)$$

$$\text{Int}^{ij} = W_j^i / t_j^i; W_j^i = W_B^i * \text{Ind}^W_j,$$

де i – індекс роботи (комплексу робіт); j – індекс організації-виконавця (підрядчика); m – індекс рядка матриці D^i ; p – індекс стовпця матриці D^i ; PH^i – ранній початок i -ої роботи; PO^i – раннє закінчення i -ої роботи; ПН^i – пізніше початок i -ої роботи; ПО^i – пізніше закінчення i -ої роботи; Rez^i – резерв i -ої роботи; Int^{ij} – середнє вироблення підрядчика по i -ої роботі, грн./день; W_B^i – базова кошторисна вартість виробництва i -ої роботи, тис.грн.; W_j^i – кошторисна вартість виробництва i -ої роботи, визначена з урахуванням приросту Ind^W_j ; $\{in^i\}$ – масив робіт, що є вхідними стосовно i -ої роботи; $\{out^i\}$ – масив робіт, що є вихідними стосовно i -ої роботи.

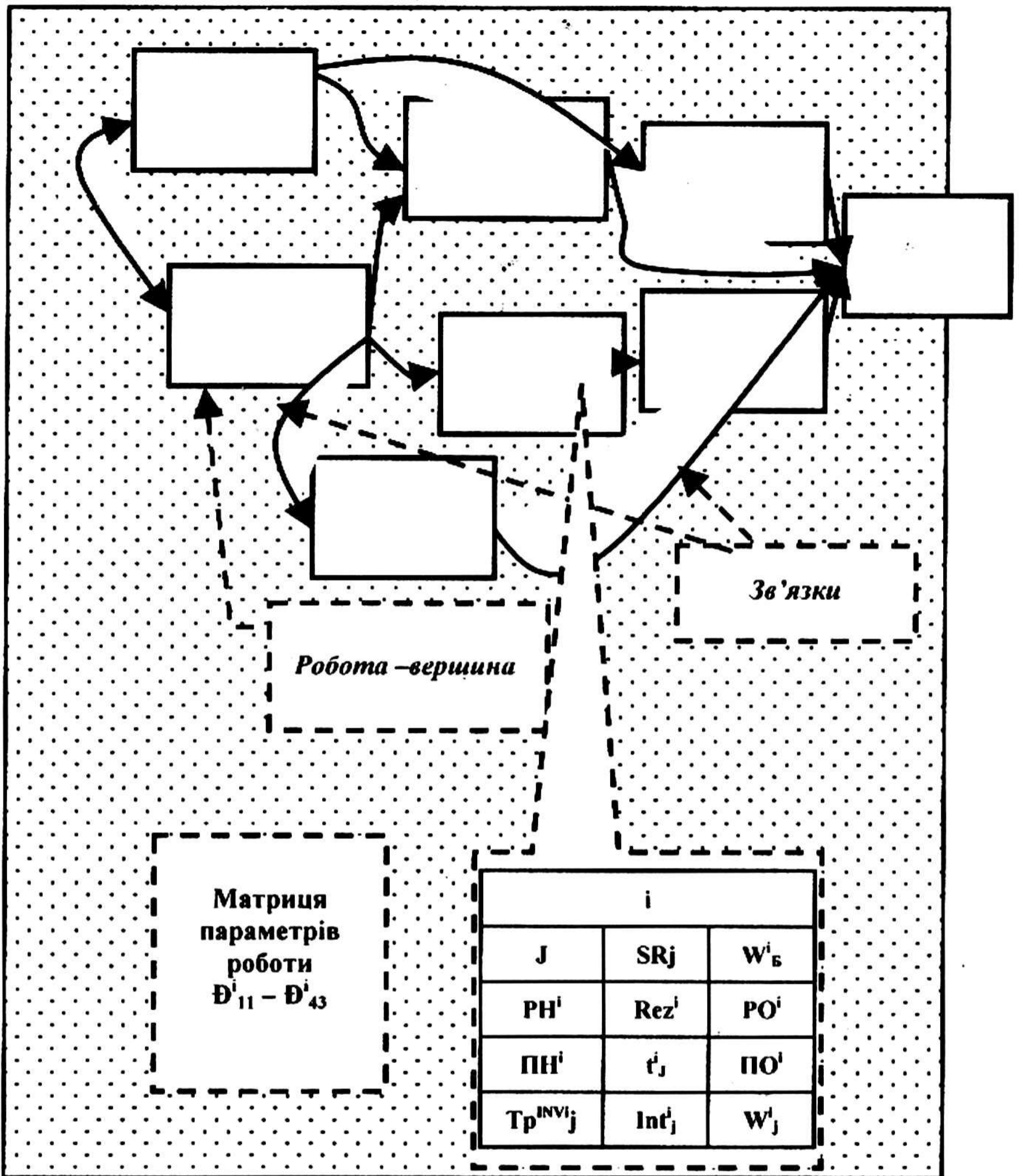


Рис. 2. Загальний вид пропонованої моделі "роботи-вершини" і матриця параметрів елемента моделі D_{mp}^i .

Після розрахунку мережної "роботи-вершини" із запропонованою параметричною структурою, далі передбачається побудова локальних ресурсно-календарних моделей $Inv(t_{jлок}^i)$ по окремих роботах і виконавцям:

$$Inv(t_{jлок}^i) = f\{Tr^{INV}_j(t_{jлок}^i)\} \quad t_{jлок}^i = 1 - t_j^i ;$$

$$Tr^{INV}_j = (Tr_1^{INV}_j \text{ або } Tr_2^{INV} \text{ или... } Tr_6^{INV}_j) \quad (5)$$

$$\int_{t_{jлок}^i = 1 - t_j^i} Inv(t_{jлок}^i) dt_{jлок}^i = W_j^i$$

Приклад програмної реалізації локальної ресурсно-календарної моделі з відповідним елементом матриці \mathcal{D}_{mp}^i представлений на рис. 3 (дані по ризиках виконавця відповідають представленим на рис. 1.)

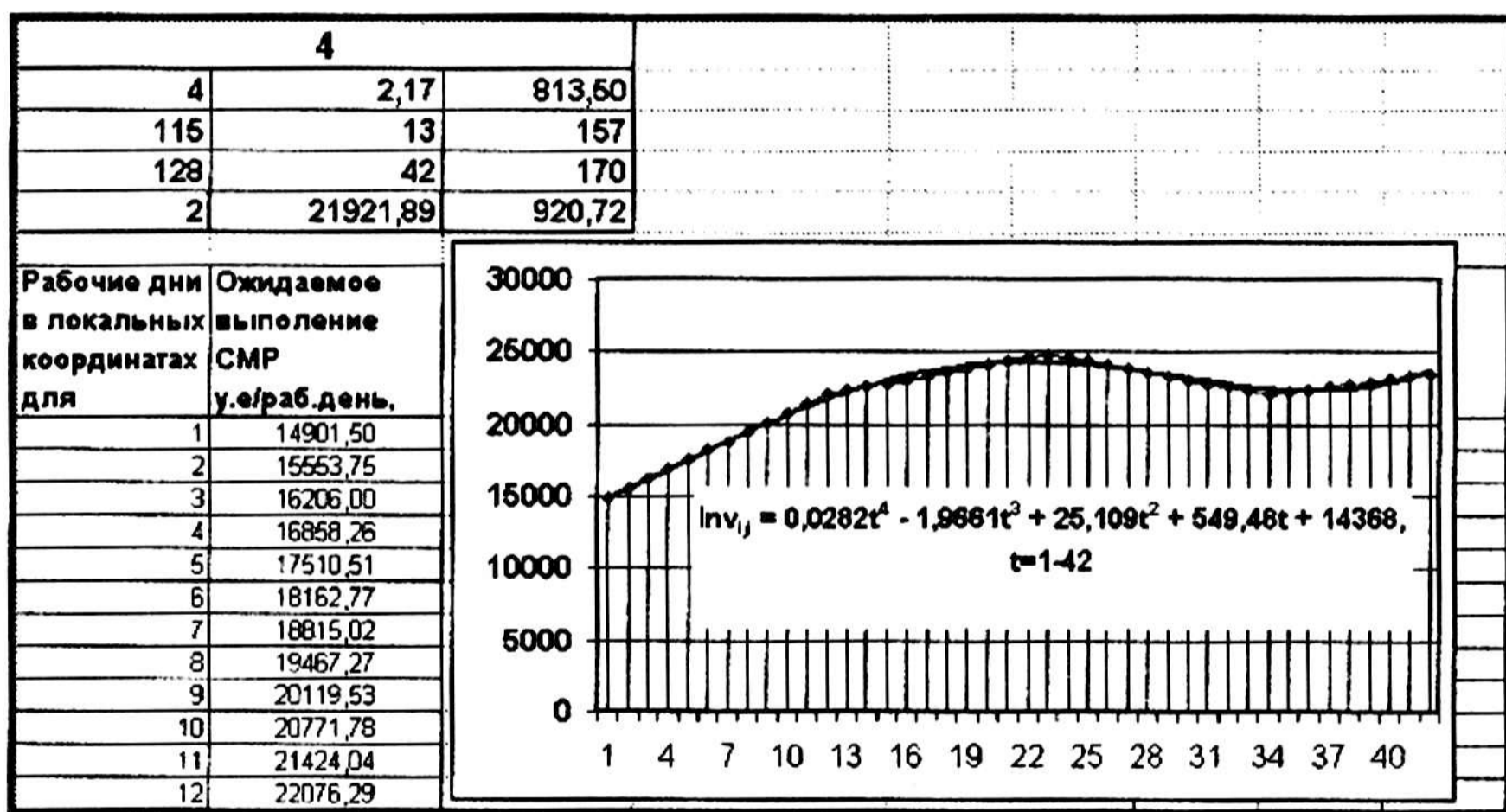


Рис. 3. Фрагмент локальної ресурсно-календарної моделі з відповідним елементом матриці \mathcal{D}_{mp}^i .

Запропонований спосіб параметризації, розрахунку й ідентифікації мережної моделі дозволяє оцінювати неї за допомогою детермінованих (чітких) і нечітких критеріїв. Кожному детермінованому проміжному і підсумковому показникові моделі відповідає його нечіткий розподіл з урахуванням рівня впевненості, встановленого інвестором або ЛПР.

Чіткі (кількісні) обмеження (тимчасові, ресурсні й ін.) були встановлені на попередньому етапі.

Нечіткими обмеженнями прийняті наступні:

- термін завершення БМР не менше встановленого замовником;
- вартість проекту не більше затвердженого кошторису;
- інтенсивність освоєння інвестицій по проекті не нижче встановленої інвестором норми;
- інтенсивність освоєння інвестицій по проекті не вище встановленої інвестором норми;
- нерівномірність поточної по періодах (місяцям, кварталам) будівництва інтенсивності освоєння інвестицій не вище встановленої інвестором норми .

Як нечіткі критерії оптимальності обрані наступні:

- мінімум інвестиційних витрат при максимумі впевненості нечіткого числа ;
- мінімум нерівномірності поточної по періодах (місяцям, кварталам) будівництва інтенсивності освоєння інвестицій при максимумі впевненості нечіткого числа.

На завершальних етапах організаційно-технологічного моделювання пропонується у відповідність з вимогами заказчика зробити узгодження критеріїв.

Таким чином, розроблена теорія моделювання будівельного виробництва з використанням нечітких критеріїв створює раціональні наукові передумови для розробки календарного плану будівельного проекту с обліком особливостей функціонування інвестиційно-будівельного комплексу в умовах перехідної економіки.

Запропонована інноваційна модель “роботи–вершини” із принципово новою системою параметрів успішно долає невизначеність втілення проекту, зв’язану з ризиками виконавців в умовах невизначеності.

Список літератури

1. *Перфильева И. Г.* Приложение теории нечетких множеств // Итоги науки и техники. – Том 29. – М.: ВИНТИ, 1990. – 150 с.
2. *Алиев Р. А., Церковный А. Э., Мамедов Г. А.* Управление производством при нечеткой исходной информации. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
3. *Саммаха Бассам Фарес.* Многокритериальная оптимизация организационно-технологических моделей строительства на основе теории нечетких данных в условиях смешанной экономики // Збірник наукових праць “Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин”. – Вип. 14. – К.: КНУБА, 2005.