

УДК 004.942:007.51:658.7:681.5.03

В.Л. Шевченко<sup>1</sup>, В.Б. Поліщук<sup>2</sup>, І.Є. Нетесін<sup>2</sup>, О.І. Кремешний<sup>3</sup><sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ<sup>2</sup> Український науковий центр розвитку інформаційних технологій, Київ<sup>3</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ, ПОТРІБНИХ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВОЮ ЛОГІСТИКОЮ

В роботі виділені основні характеристики моделей, потрібних для оцінки ефективності автоматизованих систем управління військовою логістикою. Розмежовані поняття ефекту та ефективності. Визначені показники доцільності використання грубих моделей. Визначені умови доцільності використання моделей за якісною ознакою: лінійних, лінеаризованих, експоненційних та логістичних.

**Ключові слова:** автоматизована система управління військовою логістикою, модель, оцінка ефективності, ефект, альтернативи.

### Вступ

Успіх сучасної збройної боротьби суттєво залежить від забезпечення військ, яким опікується військова логістика. Сучасна логістика базується на всепроникливному використанні комп'ютерної автоматизації. Щонайменше, це стосується процесів обліку, а в ідеалі охоплює всі напрями логістичної діяльності, розпочинаючи з управління.

На ринку автоматизованих систем (АС) управління військовою логістикою (УВЛ) представлено багато різноманітних рішень, що актуалізує задачу вибору альтернативи. Автоматизація управління логістикою таких великих організацій, як збройні сили вимагає великих інвестицій. Помилка в обранні альтернативи обертається великими ресурсними втратами. Тому актуальним є питання оцінки ефективності альтернативних рішень, щодо АС УВЛ.

Для того, щоб щось оцінити, треба мати уявлення щодо головних рис об'єкту і їх зв'язків з іншими показниками системи. Другорядні аспекти можна ігнорувати. Останні два речення нагадують визначення моделі. Дійсно, модель – це спрощене відображення реальності, яке відбиває риси реального об'єкту, які є найбільш важливими з точки зору постановки задачі дослідження, в нашому випадку, дослідження щодо оцінки ефективності альтернативних рішень. Отже, для отримання адекватної оцінки альтернативних рішень потрібна модель явища (процесу або системи), що оцінюється. Абсолютно точних моделей не буває, оскільки всі вони спрощені відносно оригіналу. Постає питання які риси реального об'єкту повинні залишитись в моделі і який вигляд взагалі повинна мати модель, яка призвана покращити якість оцінки альтернативних рішень. Таким чином, актуальним є дослідження характеристик моделей потрібних для оцінки ефективності АС УВЛ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В [1–2] автоматизація логістики розглянута на рівні

управління оборонними ресурсами (УОР) з точки зору оцінки ресурсних потенціалів, а не управління в динаміці. Оцінці бойових потенціалів в динаміці та управлінню ними присвячені роботи [3–7]. Але ці підходи мало пристосовані до оцінки ефективності елементів небойового складу. Щодо цивільних організацій питання розкрито в [8], але без врахування військової специфіки. В [9–11] зроблені окремі спроби оцінки оборонних ресурсів і побудови алгоритмів УОР. Але більшою користю цих робіт було те, що всі вони аналізували різні АС УОР. Крім того, в [11] порівняні окремі конкуруючі АС, що заклало основи оцінки ефективності сучасних АС УОР. Математичні основи вибору та побудови моделей, зокрема на основі аналізу їх характеристик, закладені в роботі [12]. Але при цьому залишилось відкритим питання адаптації цих підходів до побудови моделей УВЛ.

**Мета статті** – уточнення базових понять та визначення характеристик моделей, потрібних для оцінки ефективності АС УВЛ.

### Основна частина

**Постановка задачі.** оцінки ефективності будь-яких процесів, зокрема у сфері УВЛ, вимагає чіткого визначення поняття ефективності та пов'язаних з нею понять.

**Ефект**(корисний ефект) – це те, що з'являється на виході процесу або це те корисне, заради чого був започаткований процес, що є об'єктом дослідження. Будь який результат можна вважати корисним ефектом (але інколи з від'ємним знаком). Ефект називають цільовим, якщо він безпосередньо відображує ціль процесу. Зазвичай цільовий ефект намагаються досягти найкращим (оптимальним) чином.

**Ресурс**, це те що процес витрачає задля створення корисного ефекту. Під оборонними ресурсами розуміємо гроші, особовий склад, ОВТ, матеріа-

льні засоби, підрозділи, ефекти діяльності підпорядкованих елементів структур, час тощо.

**Ефективність** – відношення ефекту до витраченого ресурсу (питомий ефект). Інколи **ефективність** отожднюють з **ефектом** (особливо, якщо ресурс є фіксованим або зв'язаний обмеженнями). В цій роботі вважатиме ефект та ефективність різними поняттями в наведеному вище сенсі.

Поняття ефекту, ресурсів та ефективності є ключовими в **стратегічному плануванні**, яке є головним процесом у розвитку військової сфери. А **військова логістика** – є кров цього процесу. Військова логістика, з одного боку є результатом стратегічного планування. З іншого боку, стратегічне планування має той вигляд, який йому дозволяє мати поточний рівень розвитку військової логістики. Питання ефективності УВЛ тісно пов'язане з проблемами стратегічного планування, а точніше зі всіма часовими вимірами **оборонного планування** (короткостроковим, середньостроковим та довгостроковим, тобто стратегічним). Головна увага приділяється стратегічному плануванню, тому, що це найбільш інертна складова, і стратегічні прорахунки виправляються дуже важко та довго.

**Головною задачею стратегічного планування** є побудова планів, які забезпечують найкращі показники **цільового ефекту** організації (**ефективності**) на всіх етапах її життєвого циклу (також як на етапах створення, так й на етапах експлуатації відповідних АСУ). В цьому сенсі **оцінка ефективності (ефекту) є інструментом оптимізації** як АСУВЛ, так й самих бізнес-процесів військової логістики, яка за всіма ознаками є складною ієрархічно-організованою системою.

Як відомо, з досвіду розробки сучасних АСУ управління бізнес-процесами (зокрема логістичними), неможливо відокремлено розробляти АСУ. Цей процес є тісно пов'язаним з доопрацюванням, а інколи і докорінними змінами в системі менеджменту та бізнес-процесах. Процес розробки АСУВЛ є складовим елементом стратегічного планування щодо створення системи військової логістики поряд із побудовою адекватної системи менеджменту та бізнес-процесів військової логістики. Всі означені складові знаходять своє відображення у відповідних **моделях логістичних процесів**, які дозволяють формалізувати реальні процеси та визначити для них найбільш важливі показники ефективності (ефекту).

Крім того, для оптимізації розвитку складних ієрархічних систем (зокрема УВЛ або АСУВЛ) необхідні методи теорії дослідження операцій та теорії оптимального управління, які також вимагають визначення **математичних моделей** об'єктів оптимізації, чіткої математичної формалізації цільових функцій та обмежень. Стандартна постановка задачі

оптимізації містить детальний опис моделі об'єкту; обмежень; критерій оптимальності.

**Модель об'єкту** має дозволяти прогнозувати розвиток подій, знаходити оптимальне рішення та прогнозувати наслідки його впровадження. Модель створюється відповідно до певних припущень та має відбивати найбільш суттєве щодо прийнятої постановки задачі. Одному і тому ж об'єкту у різних умовах та на різних етапах життєвого циклу можуть відповідати різні моделі.

Оцінка ефективності УВЛ може і повинна виконуватись на всіх етапах стратегічного планування. Різним може бути лише рівень деталізації (складності моделей об'єктів УВЛ). Він збільшується по мірі пересування від першого етапу до останнього. Це пов'язане із необхідністю адекватного реагування на ступінь невизначеності, в якій знаходиться система, що розробляється.

Рішення **оптимізаційних** задач надають додаткову інформацію про об'єкти, що дозволяє спростити моделі та підвищити їх адекватність. Основні методологічні **проблеми оптимізації в УВЛ** викликані обмеженістю вхідних ресурсів, вимогами оперативності прийняття рішень, багатокритеріальністю, можливістю зміни цілей, пріоритетів та характеристик об'єктів на наступних етапах планування.

Трансформація збройних сил у вигляді перебудови їх структури та системи управління веде до нестабільності критеріїв якості, за якими передбачається оптимізація. Проблемама є висока розмірність та неоднорідність загальної задачі, нелінійність складових моделей, поєднання в єдиному складному об'єкті статичних та динамічних складових, обмеженість вхідних даних щодо ідентифікування моделей.

Складну систему слід декомпонувати на прості складові, побудувати моделі складових елементів, класифікувати відібрані моделі та оцінити можливість їх спрощення без втрати адекватності.

### **Вимоги до точності моделей**

Вимоги до точності моделей УВЛ такі ж, як вимоги щодо інших моделей. „Складність моделей, які належать множині припустимих моделей, обмежена точністю апріорної інформації й інформації, отриманої в результаті експерименту, складністю обчислювальних операцій і (або) технічної реалізації” [13]. Складність моделі має відповідати складності процесу, а з другого боку – можливості щодо забезпечення вхідними даними. Чим складніша модель, тим складніше забезпечити її вхідними даними, тим вищий ступінь невизначеності, в якій вона функціонує. А з теорії систем відомо, що чим вище ступінь невизначеності об'єкту, який моделюється, тим простіше має бути його модель (А.Г. Івахненко). І.Пригожин більш категорично пов'язує необхідність простоти моделей з властивостями самого

об'єкту моделювання [14]: „Про „фізичний закон” якого-небудь явища можна говорити лише у тому випадку, якщо цей закон є „грубим” відносно граничного переходу від опису з кінцевою точністю до опису нескінченно точного і в силу цього недосяжного для будь-якого спостерігача ким би він не був. Вимога „грубості” за своєю природою не пов'язана зі скінченністю розрізняючої спроможності приладу. Вона відбиває не обмеженість наших можливостей виконувати спостереження та вимірювання, а внутрішню структуру явищ, які ми описуємо.”

Проблема створення ефективних адекватних моделей містить багато суперечних умов. „Для того, щоб система моделей давала опис, який добре відбиває реальність, вона має бути достатньо складною. Але в такому випадку кожен машинний експеримент буде вимагати великих витрат машинного часу. А це значить, що провести велику кількість експериментів – необхідна умова будь-якого аналізу – буває просто неможливо.

Таким чином, перше з чим неминуче зіштовхується дослідник, – це обмеженість ресурсу ... Р. Ешбі вважав, що теорію систем можна трактувати як науку про те, як спрощувати системи, які вивчаються.” (Н.Н. Моїсєєв [15]). Точність моделі має відповідати точності вхідних даних. Немає сенсу нарощувати точність підвищенням розмірності моделі при незадовільній точності вхідних даних. „Недостатня точність обчислювань – це помилка. Надлишкова точність – це половина помилки” (А.Н. Крилов [15]). Цей висновок підтверджує залежність квадрату похибок моделі  $\varepsilon^2$  від її складності  $S$  та шуму  $\gg \Theta_3 \Theta_3 \Theta_3 \Theta_3$  (А.Г. Івахненко, [16]).

Розглянемо об'єкт, модель якого створена на основі інформації про поведінку об'єкта впродовж етапу тривалістю  $\Delta T_1$ . Нехай для його опису з точністю  $\varepsilon$  необхідно використати  $S_1$  членів поліному Колмогорова-Габора. Тоді опис того ж об'єкту з тією ж точністю на етапі тривалістю  $\Delta T_2$  вимагає  $S_2 = S_1 \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$  членів

поліному Колмогорова-Габора, кількість яких є показником складності моделі. При збільшенні тривалості прогнозу  $T_{pr}$  пропорційно збільшується кількість вхідних даних, на підставі яких можна забезпечити необхідну точність моделі  $\varepsilon$ . Квадрат помилки залежить від складності моделі за квадратичним законом [16; с. 234] (рис. 1)  $\varepsilon^2 = as^2 + bs + c$ . При збільшенні шуму  $\Theta$  залежність зміщується вверх-ліворуч.

До найважливіших моделей, які мають входять до АС УВЛ, віднесемо (рис. 2) моделі структури сил, економічні моделі логістичних ресурсів (моделі стану ресурсів, моделі ефектів (ефективності), вартісні моделі).

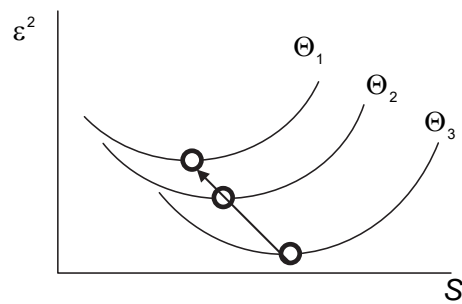


Рис. 1. Ілюстрація вимоги спрощення моделей при зростанні невизначеності об'єктів

**Модель стану ресурсів** показує зміну їх стану в часі або при взаємодії з іншими ресурсами, наприклад, зміну стану військової техніки. Модель стану ресурсів існує окремо або поглинається моделями ефектів та вартості як, наприклад, у системі „Ресурс” [10–11].

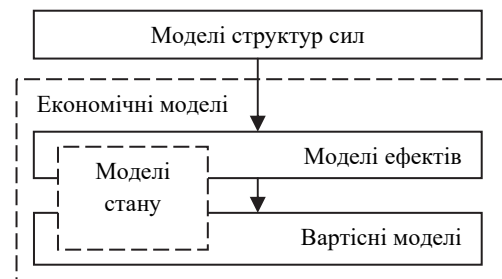


Рис. 2. Основні моделі УВЛ

**Фінансова модель (вартісна)** враховує явні доходи та витрати, які офіційно відбиті в бухгалтерській звітності [9], та агрегує дані на рівнях від частини до збройних сил. Фінанси – найбільш помітний та швидкодіючий (ліквідний) ресурс, але при прийнятті управлінських рішень – не завжди найбільш важливий.

**Економічна модель** поглинає фінансову: імпортує з неї узагальнені фінансові показники, доповнює їх показниками альтернативних (неявних) витрат – прибутків та імпортує необхідні дані з моделей ресурсів і ефектів.

При стабільній діяльності воїнського підрозділу мають місце лише явні видатки, їх бухгалтерська звітність враховує все необхідне для прийняття рішень. Неявні видатки є індикаторами аномалій діяльності (порушень норм забезпечення, зловживань, кримінальних явищ, надзвичайних ситуацій тощо), трансформаційних процесів (організаційно-штатних заходів, перебазувань, скорочень тощо) або інших недостатньо регламентованих ситуацій. Врахування альтернативних витрат підвищує реалістичність планів та обґрунтованість захисту інтересів збройних сил в вищих органах державної влади. **Альтернативними витратами** є використання військовослужбовців за неосновним їх призначенням, яке не пов'язане з бойовими задачами; втрати часу військовослужбовців

на особисті питання (хвороба, родинні обставини та інше); втрачена вигода щодо вдалих рішень з питань оборонного планування тощо. З точки зору держави, **альтернативними прибутками** є впровадження технологій подвійного призначення; впровадження високих технологій; збереження робочих місць в оборонній промисловості (економія на грошовій допомозі з безробіття та податки з фонду заробітної платні); наслідуваність результатів проекту наступними проектами в межах довгострокового планування; податки в бюджет від оборонної промисловості; внесок товарів та послуг оборонної промисловості до валового внутрішнього продукту.

За якісним характером поведінки найбільш поширеними є **лінійні** та **експоненціальні** моделі необмеженого зростання або експоненціального насичення (рис. 3), які зазвичай використовуються для процесів розвитку, поведінка яких обумовлена стабільним ресурсним забезпеченням або які знаходяться на одному етапі життєвого циклу.

Якщо фінансування може варіюватись від нормального до нуля або якщо необхідно розглянути декілька етапів життєвого циклу, то більш адекватною є логістична модель (рис. 4) [17], яка містить ділянки, якісно подібні до експоненціальних та лінійних залежностей. Універсальність та висока адекватність логістичних моделей обумовили включення „аналізу логістичних кривих” в якості одного з основних елементів селективного методу прогнозування поряд з морфологічним, матричним, кореляційним, регресійним, факторним, спектральним, параметричним аналізом та аналізом огинаючих кривих [18].

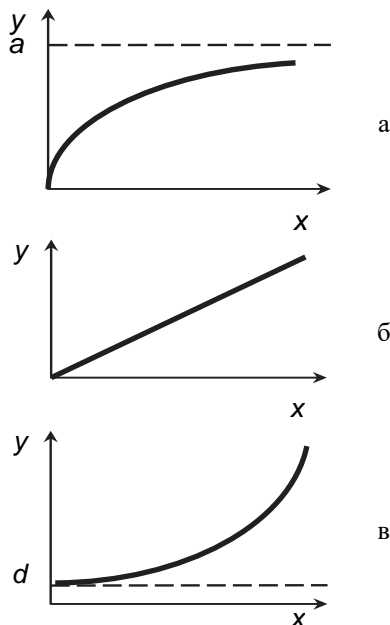


Рис. 3. Моделі розвитку:  
а – експоненціальне насичення; б – лінійна;  
в – необмежений експоненціальний зріст

В наведеному списку аналіз логістичних кривих є єдиним видом аналізу, що базується на попередньому уявленні про якісні властивості процесів розвитку. Всі інші розглядають емпіричні дані щодо процесу розвитку як деяку „чорну скриню”, про якісні (фізичні) властивості змісту якої заздалегідь нічого невідомо.

При моделюванні можливі і більш складні якісні картини поведінки процесів розвитку, але в більшості випадків вони складаються з компонент, які досить точно можуть бути апроксимовані лінійними, експоненціальними та логістичними залежностями, головною перевагою яких є висока наочність.

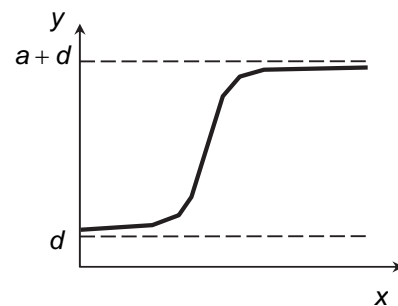


Рис. 4. Логістична модель розвитку

#### Лінійні моделі

Перевагами лінійних моделей є простота, наочність, швидкість розрахунків, простота оцінки адекватності, простота підготовки вхідних даних, простота та прозорість облікових даних навіть для нефахівців. Лінійні моделі використовують переважно для добре вивчених об'єктів, які функціонують в суттєво обмеженому діапазоні можливих величин. Поширеним варіантом лінійних моделей ефектів  $E_f$  оборонних об'єктів, військових підрозділів, зразків озброєння та військової техніки, інтегральних показників небезпеки є лінійна згортка  $E_f = \sum_{i=1, n} \beta_i \cdot x_i$  оцінок ефектів за окремими елементами  $x_i$  з ваговими коефіцієнтами  $\beta_i$  [1; 2; 4; 10; 19–20].

Наприклад, в програмному комплексі „Формуляр військової частини” в складі інформаційно-аналітичної системи „Ресурс” всі вартісні моделі представлені лінійною згортою або перетворюються в таку перетворенням координат [10]. Відома американська модель управління оборонними ресурсами DRMM [11] також використовує лінійні моделі. Навіть якщо окремі розрахункові залежності нелінійні за фізичним змістом (наприклад, степеневая залежність вартості ракети [21]), то в прикладних методиках вони перетворюються до лінійних за допомогою нормативних обмежень, які математично є кусочно-лінійною інтерполяцією.

Лінійні моделі використовують при визначенні бойових потенціалів озброєння та військової техні-

ки, які є усередненими за задачами, що вирішуються, і умовами виконання кількісними і якісними показниками відносного впливу ОБТ на результати бойових дій [3]. В роботі [5] різним типам ОБТ привласнюються вагові коефіцієнти внеску в результати бойових дій та представляють бойовий потенціал окремих формувань лінійною згорткою. В методі, розробленому американською корпорацією TASC The (Analytic Sciences Corporation), визначення **ефективності** засновано на характеристиках індивідуальних систем ОБТ і їх кількості [1]. Відносна важливість цих характеристик для кожної системи ОБТ враховується ваговими коефіцієнтами. Підсумкові залежності бойових потенціалів систем ОБТ виражаються сумою добуток певних величин. При позначенні добуток новими змінними підсумкова залежність також є лінійною згорткою.

**Недоліком** лінійної згортки є ризик порушення фізичного змісту задачі завдяки можливості компенсації недосконалості одного фактору надлишковістю іншого, наприклад, низький рівень якості логістичного майна надлишком його кількості. Обмеженнями мають бути як компенсаторні можливості, так і змінні вхідних ресурсів. Велику частку лінійних моделей складають **лінеаризовані** моделі нелінійних процесів, недоліком яких є вузька зона адекватності. При відхиленні від точки лінеаризації похибка зростає. В окремих випадках лінеаризація навіть призводить до втрати фізичного змісту задачі, зокрема, при моделюванні збільшення масштабів виробництва, переходу на нову техніку, оптової торгівлі та інших, які мають аналоги у воєнній сфері та мають моделюватись S-подібними кривими [22].

Розглянемо адекватність лінеаризованої моделі нелінійного процесу (рис. 5).

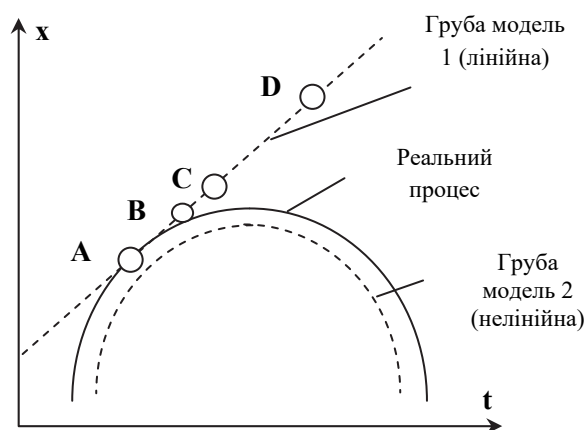


Рис. 5. Адекватність лінеаризованої моделі

A – початкова точка прогнозу. Інформація достовірною на 100%.

B – різниця між грубою і точною моделлю практично відсутня, тобто для практики несуттєва.

C – різниця суттєва, не дозволяє оцінити процес кількісно, але дозволяє оцінити якісно (в даному випадку – зробити висновок про те, що величина, що моделюється – зростає).

D – втрачена не тільки кількісна, але й якісна адекватність. Точне рішення показує, що реальний процес йде на спад, а груба лінійна модель, що зростає.

Як бачимо, адекватність моделі втрачається по мірі відходу від точки лінеаризації (A). Тому межі можливості застосування лінеаризованих та інших грубих моделей повинні визначатись чітко. Вдалим обранням грубої моделі можна досягти якісної адекватності у всьому діапазоні аргументів. Наприклад, не зважаючи на повну відмінність грубої моделі 2 від реального процесу, вона забезпечує довгостроковий прогноз кращий ніж груба модель 1.

### Моделі експоненціального насичення

Експоненціальне зростання з насиченням використане в моделях багатьох об'єктів та процесів, які досягли меж свого розвитку: математичне очікування кількості вражених цілей в залежності від вартості системи або заходів [23–24], залежність вартості плануючого апарату з прискорювачем в залежності від ваги бойової частини [24], закон поразки для снарядів, які наносять ураження лише при безпосередньому попаданні в ціль [21]. Експоненціальний зв'язок існує між показником імовірності успішності виконання бойової задачі і бойовим потенціалом [6]. За досвідом війн та навчань визначена експоненціальна залежність з насиченням  $K_{CK} = 1 - e^{-k \cdot Q \cdot H}$  показника боеготовності  $K_{CK}$  від оцінок навченості особового складу [25], де Q, H – укомплектованість та навченість особового складу; k – константа.

### Моделі необмеженого експоненціального зростання

Найбільш відомі три закони розвитку інформаційних технологій [26]: закон Мура (подвоєння обчислювальної продуктивності кожні 1,5 роки), закон Гільдера (щорічне подвоєння пропускної спроможності мереж) і „мережевий ефект” Меткальфа (експоненціальне зростання цінності мережі при збільшенні кількості користувачів). Перелічені закони сформульовані з урахуванням постійних змін технології, тобто в припущенні того, що обмеження розвитку відсутні та кожний раз при наблизенні до обмеження поточна технологія буде замінена більш прогресивною. При відсутності обмежень експоненціальне зростання притаманне різноманітним фізичним процесам, наприклад: зростання населення, зростання споживання ресурсів [27], залежність витрат від бойового радіусу авіації [24], модель процесу розширеного виробництва [28], розвиток методів ведення

збройної боротьби, розвиток ОБТ при вчасній послідовній зміні окремих технологій.

### Логістичні моделі

**Економічні та політичні об'єкти:** зростання ринку після впровадження нового продукту [29]; попит на товари тривалого користування [30]; обсяг збуту в залежності від кількості контактів з клієнтами [31]; фази життєвого циклу продукції; ріст інтенсивності росту транспортних потоків (практично на весь період росту до вичерпання пропускної спроможності шляхів сполучення) [32]; ріст телефонних викликів; розвиток ділових зв'язків між різними країнами; [33]; залежність ціни та витрат від технічного рівня і якості товарів [34]; рівні технології, автоматизації та механізації виробництва [35]; процес розширеного виробництва у часі [18; 28; 36]; окремі етапи еволюції підприємницької діяльності [37]; зростання кількості залізниць або мереж зв'язку в обмеженій області [38].

**Процеси виховання, навчання, прийняття рішень:** виховання в людях навичок [33]; залежність відсотку прийнятих альтернатив від величини виграшу, залежність ймовірності початку воєнної агресії від коефіцієнту експансії [39].

**Зміна характеристик технічних об'єктів:** динаміка технічних характеристик (ефективності) випромінювачів світла [40]; потужність енергогенераторів [35]; зростання параметру покоління машин [41]; залежність показника оперативності від розмірності розв'язуваної задачі [8]; можливості певного виду техніки, обладнання, частка енергооснащеності механізованих робіт [42].

**Залежності вихідних ефектів від забезпеченості вхідними ресурсами:** залежність відносної вартості технічних засобів підготовки операторів від повноти та якості реалізації алгоритму роботи [43]; зміна випуску продукції при зміні одного виду ресурсу при фіксованих величинах інших ресурсів [44]; залежність ефективності систем зброї від вартості [24]; продуктивність праці при зміні технічної забезпеченості [35]; ефективність і ризик зенітно-ракетного дивізіону в протиповітряній дуелі в залежності від дальньої межі зони поразки підрозділу [7]; залежність воєнного успіху від співвідношення сил [21; 39], зокрема рівняння динаміки бою двох плацдармів [45].

**Процеси росту, в яких логістичні криві послідовно переходять одна в одну:** крива загального ходу науково-технічного розвитку [46]; еволюція підприємницької діяльності [37]; вдосконалення тактики військ, покращення характеристик ОБТ, технології виготовлення зброї [28].

Таким чином, в якості основи моделей оцінки ефективності процесів УВЛ доцільно обирати логістичні залежності, які поєднують високу ступінь аде-

кватності з невеликими працевтратами на визначення параметрів.

**Оптимізаційна процедура** має дозволити знайти рішення найкраще в розумінні сформульованого цільового ефекту з урахуванням обмежень на фазові координати та управління. Загальну постановку оптимізаційної задачі представимо як знаходження управління  $u$  та фазових координат  $x$ , які би мінімізували **критерій якості** (функціонал оптимізації)  $I$ :

$$I = \int_{t_0}^{t_1} f^0(t, x, u) dt + F(t_1, x) \rightarrow \min,$$

де  $t$ ,  $t_0$ ,  $t_1$  – поточний, початковий та кінцевий моменти часу;  $f^0$  – підінтегральна функція, яка відповідає за вид екстремалі;  $F$  – термінальна складова, яка забезпечує виконання вимог до фазових координат в кінцевій точці.

На практиці, в задачах УВЛ найчастіше використовують критерії: 1) максимум корисного ефекту при обмеженні на вхідні ресурси; 2) мінімум витрат при обмеженні на мінімально припустимий ефект; 3) максимум ефективності (відношення ефекту до вартості); 4) Певні векторні критерії, які зводяться до скалярного, наприклад, за допомогою лінійної згортки з ваговими коефіцієнтами. В згортці крім критеріїв 1, 2, 3 можуть бути присутні екологічні, соціальні та інші критерії. Кожен з окремих видів критеріїв має свої особливості застосування.

Для фінансових критеріїв актуальним може бути не тільки кінцевий результат, але й характеристики самого процесу. Наприклад, рівномірність витрачання грошей, яка підвищує якість прогнозу витратів та знижує ризик.

Необхідно враховувати, що збільшення **ефективності** не обов'язково означає збільшення ефекту. Якщо залежність ефекту від вхідних ресурсів має вигляд (рис. 6), то точка 4 відповідає оптимальному рішенню за критерієм максимуму ефекту при обмеженні  $R_{\max 2}$  на вхідні ресурси.

При обмеженні на ресурси  $R_{\max 1}$  оптимальною стає точка 1. В обох випадках оптимальне рішення знаходиться на межі діапазону припустимих значень. Точка 2 відповідає оптимальному рішенню за критерієм максимуму ефективності без обмежень на ресурси або у випадку коли точка оптимуму належить до внутрішньої зони області припустимих значень. **Ефективність** знаходиться як відношення ефекту до вхідного ресурсу (тангенс кута нахилу прямої, що проходить через початок координат та криву  $Ef(R)$  в певній точці). Пряма, яка відповідає оптимальній ефективності є дотичною до кривої  $Ef(R)$  зліва зверху. Якщо вводиться обмеження на мінімально припустимий вихідний ефект (ефективність) та обмеження на ресурси забезпечує існування рішення (наприклад, при обмеженні  $R_{\max 2}$ ), то

оптимальним буде рішення на межі діапазону припустимих значень в точці 3. Аналогічний графоаналітичний підхід можна використовувати при прийнятті рішення щодо переходу на нову технологію.

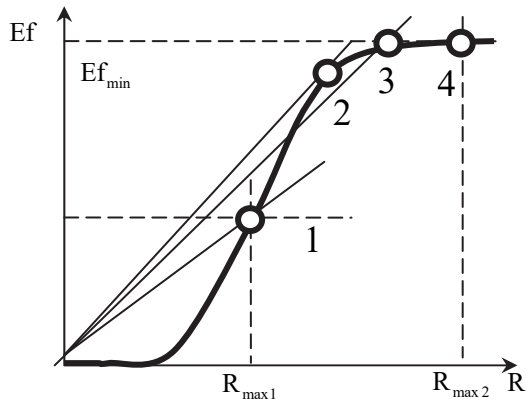


Рис. 6. Рішення при різних ефективностях

Критерії, моделі та обмеження формують конкретну постановку задачі. Зміна хоча би однієї з її компонент може призвести до необхідності зміни методу оптимізації. В найбільшій степені тип задачі впливає на модель, яка відбиває фізичний зміст об'єктів УВЛ з урахуванням особливостей постановки задачі.

## Висновки

Таким чином, в роботі виділені основні характеристики моделей, потрібних для оцінки ефективності АС УВЛ. Чітко розмежовані поняття ефекту та ефективності. Визначені загальні умови та конкретні формалізовані залежності, які дозволяють з'ясувати доцільність використання грубих моделей. Проаналізовані моделі за якісною ознакою. Визначені умови доцільності використання лінійних, лінеаризованих, експоненційних в зоні зростання, експоненційних в зоні насичення та логістичних моделей розвитку. Визначені особливості використання інтегральних та термінальних критеріїв якості.

Напрямами подальших досліджень є розвиток прикладних методик використання моделей процесів УВЛ в оцінці альтернативних варіантів АС УВЛ.

## Список літератури

1. Regan I.M. *The TASKFORM Methodology: A Technique for Assessing Comparative Force Modernisation* / Regan I.M., Volt W.J.: [Fourth Edition, Revised]. – The Analytical Sciences Corporation, July 1991. – 177 p.
2. *Основы теории и методологии планирования строительства вооруженных сил Российской Федерации* / [А.В. Квашин, В.И. Останков, В.Л. Манько и др.]; под ред. А.В. Квашина. – М.: Воентехиздат, 2002. – 232 с.
3. Соколов А.В. *Об определении потребности в силах и средствах огневого поражения противника* / А.В. Соколов // *Военная мысль*. – 2000. – № 2. – С. 74-79.
4. Солнышков Ю.С. *Оптимизация выбора вооружения* / Ю.С. Солнышков. – М.: Воениздат, 1968. – 104 с.

5. Цыгичко В.Н. *Метод боевых потенциалов: история и настоящее* / В.Н. Цыгичко, Ф. Стокли // *Военная мысль*. – 1997. – № 4. – С. 23-28.
6. *Вероятностные методы оценки эффективности вооружения* / [А.А. Червоный, В.А. Шварц, А.П. Козловцев, В.А.С Чобанян]. – М.: Воениздат, 1979. – 95 с.
7. Кириченко О.І. *Математичні основи теорії вогневих дуелей* / О.І. Кириченко, Л.Г. Раскін. – Х.: Військ. ін-т ВВ МВС України, 2005. – 292 с.
8. Лістрова О.С. *Моделі та методи планування, оперативного накопичення та реалізації товарів в сучасних торгових центрах: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн.наук: спец. 05.13.06 "Автоматиз. системи упр. та прогрес. інформ. технології"* / О.С. Лістрова. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ", 2003. – 18 с.
9. *Управління оборонними ресурсами в Збройних Силах України* / [В.Л. Шевченко, М.І. Шура, Р.М. Федоренко та ін.]; за ред. В. Шевченка. – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2002. – 84 с.
10. *Облік оборонних ресурсів за допомогою формуляра військової частини. Частина 1. Методики опрацювання формуляра* / [В.Л. Шевченко, Є.Ф. Шелеста, Р.М. Федоренко та ін.]; за ред. Є.Ф. Шелеста, В.Л. Шевченка. – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, ГШ ЗС України, 2003. – 160 с.
11. *Комп'ютерна модель управління оборонними ресурсами "DRMM": сучасний стан та перспективи розвитку* / за ред. В.Л. Шевченка. – К.: ГУ ОС та ОМР ГШ ЗС України, ННДЦ ОТ і ВБ України, 2004. – 218 с.
12. Шевченко В.Л. *Оптимізаційне моделювання в стратегічному плануванні* / В.Л. Шевченко. – К.: НУОУ, 2011. – 283 с.
13. Сильвестров А.Н. *Многочисленные адаптивные системы идентификации* / А.Н. Сильвестров, О.М. Папченко. – К.: Техніка, 1983. – 111 с.
14. Пригожин И. *Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой* / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
15. Моисеев Н.Н. *Математические задачи системного анализа* / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
16. Зайченко Ю.П. *Основы проектирования интеллектуальных систем: [навч. посібн.]* / Ю.П. Зайченко. – К.: Видавничий дім "Слово", 2004. – 352 с.
17. Амеликин В.В. *Дифференциальные уравнения в приложениях* / В.В. Амеликин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 160 с.
18. *Системный анализ и структуры управления. (Книга восьмая)* / под общ. ред. проф. В.Г. Шорина. – М.: Знание, 1975. – 304 с.
19. Качинський А.Б. *Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення* / А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.
20. Svitak Amy. *U.S. Panel Grades Transportation Concepts* / Svitak Amy // *Defense News*. – 2002 December 2-8. – P. 6.
21. *Основы исследования операций в военной технике* / [Ю.В. Чуев, П.М. Мельников, С.И. Петухов и др.]; под общ. ред. Ю.В. Чуева. – М.: Сов.радио, 1965. – 592 с.
22. Горелик В.А. *Исследование операций: [учебн. для техникумов по спец. «Прикладная математика»]* / В.А. Горелик, И.А. Ушаков. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
23. *Элементы дослідження складних систем військового призначення* / О.М. Загорка, С.П. Мосов, А.І. Сбитнев, П.І. Стужук. – К.: НАОУ, 2005. – 100 с.
24. Квейд Э. *Анализ сложных систем* / Э. Квейд; пер. с англ. под ред. И.И. Ануреева, И.М. Верещагина. – М.: Сов.радио, 1969. – 520 с.

25. Жуков Г.П. Военно-экономический анализ и исследование операций / Г.П. Жуков, С.Ф. Викулов. – М.: Воениздат, 1987. – 210 с.
26. Матвиенко В. *Сип* провела конференцію для Java-розробників / В. Матвиенко // Комп'ютерне обозрение. – 2004. – № 23. – С. 10.
27. Оуэн Д.Ф. Что такое экология? / Д.Ф. Оуэн; пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 184 с.
28. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле / Ю.В. Чуев. – М.: Воениздат, 1970. – 256 с.
29. Холл А.Д. Опыт методологии для системотехники / А.Д. Холл; пер. с англ.; под ред. Г.Н. Поварова. – М.: Сов. радио, 1975. – 448 с.
30. Крушевский А.В. Справочник по экономико-математическим моделям и методам / А.В. Крушевский. – К.: Техніка, 1982. – 208 с.
31. Акоф Р. Основы исследования операций / Р. Акоф, М. Сасиени; пер. с англ. В.Я. Алтаева; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Мир, 1971. – 556 с.
32. Логистика: терминологический словарь / [сост. А.Н. Родников]. – [2-е изд., испр. и доп.]. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 352 с.
33. Гуд Г.Х. Системотехника. Введение в проектирование больших систем / Гуд Г.Х., Макол Р.Э.; пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1962. – 383 с.
34. Володькина М.В. Стратегический менеджмент [учеб. пособие] / М.В. Володькина. – К.: Знання-Прес, 2002. – 149 с.
35. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование / В.Г. Гмошинский. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 208 с.
36. Смирнов А.Д. Лекции по макроэкономическому моделированию: [учебн. пособие для вузов] / А.Д. Смирнов. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 351 с.
37. Королёв В.А. Эволюция компаний [Электронный ресурс] / (10-06-2004 74к). – 2004. – Режим доступа: <http://www.certicom.kiev.ua/info/evol-comp.htm>.
38. Холл А.Д. Определение понятия системы / А.Д. Холл, Р.Е. Фейджин // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 252-282.
39. Шкідченко В.П. Элементы теории военной безопасности / В.П. Шкідченко, В.Д. Кохно. – К.: БФ Миротворець, 2001. – 194 с.
40. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование / Дж. Мартино. – М.: Прогресс, 1977. – 529 с.
41. Саркисян С.А. Прогнозирование развития больших систем / С.А. Саркисян, А.В. Голованов. – М.: Статистика, 1975. – 192 с.
42. Рабочая книга по прогнозированию / [Э.А. Араб-Оглы, И.В. Бестужев-Лада, Н.Ф. Гаврилов и др.]; отв. ред. И.В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
43. Введение в эргономику / [Г.М. Зарковский, Б.А. Королев, В.И. Медведев, П.Я. Шлаен]; под ред. В.П. Зинченко. – М.: Сов. радио, 1974. – 352 с.
44. Багриновский К.А. Математика плановых решений / К.А. Багриновский, В.П. Бусыгин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1980. – 224 с.
45. Ануреев И.И. Применение математических методов в военном деле / И.И. Ануреев, А.Д. Татарченко. – М.: Воениздат, 1967. – 242 с.
46. Добров Г.М. Прогнозирование науки и техники / Г.М. Добров. – М.: Наука, 1977. – 208 с.

Надійшла до редколегії 8.11.2016

Рецензент: д-р техн. наук, доц. О.А. Кононов, Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННОЙ ЛОГИСТИКОЙ

В.Л. Шевченко, В.Б. Полищук, И.Е. Нетесин, А.И. Крешешный

В работе выделены основные характеристики моделей, необходимых для оценки эффективности автоматизированных систем управления военной логистикой. Разграничены понятия эффекта и эффективности. Определены показатели целесообразности использования грубых моделей. Определены условия целесообразности использования моделей по качественным признакам: линейных, линеаризованных, экспоненциальных и логистических.

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления военной логистикой, модель, оценка эффективности, эффект, альтернативы.

### CHARACTERISTICS OF MODELS, THAT ARE NECESSARY FOR ESTIMATE OF EFFICIENCY OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR MILITARY LOGISTIC

V.L. Shevchenko, V.B. Polischuk, I.E. Netesin, O.I. Kremeshniy

In article was mark out main characteristics of models, that are necessary for estimate of efficiency of Automated control system for military logistic. Was separated concepts of effect and efficiency. Defined reasonability indicators of rough models using. Defined reasonability condition of models using by quality factors: linear, linearized, exponential and logistic.

**Keywords:** Automated control system for military logistic, model, estimate of efficiency, effect, alternatives.