

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

---

Разрабатываются математические модели для определения оптимального количества специализированных сил и средств для предупреждения и локализации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которые позволяют минимизировать суммарные экономические потери общества.

### **1. Опасность возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера**

Экологические вопросы являются первоочередными не только для Украины, но и для многих стран мира. Это связано с увеличением применения техники во всех сферах жизнедеятельности человека. Наиболее острые вопросы в Украине – это ликвидация последствий аварии на Чернобыльской атомной станции, загрязнение бассейна рек Днепра и Днестра. Стоит учитывать и тот факт, что на территории нашей страны расположено огромное количество потенциальных взрыво-, пожаро-, радиоактивно и химически опасных производств.

Росту экологического ущерба при авариях на промышленных предприятиях способствует ряд объективных причин: высокая концентрация производства; увеличение единичной мощности реакторов и количества находящихся в них опасных веществ; близость предприятий между собой (вследствие их кластеризации и создания индустриальных комплексов), с узлами энергораспределения, тепло- и газоснабжения, транспортными магистралями и местами проживания населения. Но это только одна сторона неблагоприятной ситуации.

Другая сторона – повышение вероятности аварии. К росту этой вероятности приводят различные факторы, основные из них следующие: интенсификация процессов, вызывающих рост технологических параметров – температуры, давления, энергонасыщенности, приближающихся к критическому уровню; расширение номенклатуры выпуска предприятия с передовой технологией, обеспечивающей комплексную переработку сырья, до сотен, а иногда и тысяч позиций, причем многие из изготавливаемых продуктов горючи, чрезвычайно токсичны и ядовиты; комплексная обработка веществ, которые при утечке и смешивании образуют взрыво-, пожароопасные и ядовитые соединения; быстрое обновление технологий и техники, для работы с которыми обслуживающий персонал не имел предварительного опыта; возрастание доли нефти и газа среди первичных энергоисточников (до 70 %) [1].

Хозяйственная деятельность человека приводит к нарушению экологического равновесия, возникновению аномальных природных и техногенных ситуаций с многочисленными человеческими жертвами и огромными материальными потерями.

Причин аварий и катастроф множество, но основными являются следующие:

- нарушение трудовой и технологической дисциплины;
- ошибки при проектировании;
- ошибки при строительстве;
- износ оборудования, зданий, сооружений;
- результат стихийных бедствий;
- вовлечение в хозяйственный оборот рискованных территорий.

Поэтому возникает необходимость создания системы для предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) в мирное и военное время. А в случаях их возникновения - для ликвидации последствий, обеспечения безопасности населения, защиты окружающей среды и уменьшения ущерба народному хозяйству.

Главной целью такой системы является минимизация суммарных потерь общества из-за ЧС путем профилактики, раннего предупреждения об угрозах ЧС, минимизации времени их обнаружения, локализации и ликвидации последствий [2].

Опыт ЧС показывает, что для общества важным является предупреждение чрезвычайных ситуаций или существенное уменьшение их масштабов в случае возникновения. Это важно как в социальном, так и в экономическом плане.

*Задачи исследования:* для обеспечения функционирования специализированных служб нужны специализированные подразделения (силы) и материально-технические ресурсы (средства). При этом возникает проблема определения структуры, количества и мест размещения сил и средств таким образом, чтобы минимизировать суммарные экономические потери общества (за счет создания сил и средств) и потерь от ЧС.

## 2. Определение оптимального количества специализированных сил и средств для локализации чрезвычайных ситуаций

Глобальной целью региональной системы предупреждения и локализации ЧС является минимизация суммарных социально-экономических потерь от ЧС. Эти потери состоят из следующих компонент.

1. Затраты на создание и поддержание в работоспособном состоянии системы предупреждения, локализации и ликвидации последствий ЧС. Это капитальные и эксплуатационные затраты на создание региональной, территориально-распределенной организационной специализированной системы, обучение и содержание кадров, создание и хранение запасов специальных материально-технических ресурсов.

2. Затраты на предупреждение (профилактику) ЧС.

3. Социально-экономические потери, обусловленные возникновением и развитием ЧС.

4. Затраты на локализацию ЧС, т.е. затраты на целенаправленные действия для ликвидации или ограничения развития источника ЧС, уменьшения социально-экономического ущерба.

5. Затраты на ликвидацию последствий ЧС, т.е. затраты на восстановление пострадавших объектов хозяйственной деятельности и условий жизнедеятельности населения [3].

Обозначим каждую из перечисленных компонент затрат через  $C_i$ ,  $i = \overline{1,5}$ . Тогда глобальную цель системы можно записать в виде:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^5 C_i \rightarrow \min . \quad (1)$$

Качественный характер этой зависимости показан на рис. 1. Как видно из графика, в общем случае существует некоторый оптимальный уровень затрат  $C^0$ , обеспечивающий минимум суммарных потерь  $P$ .

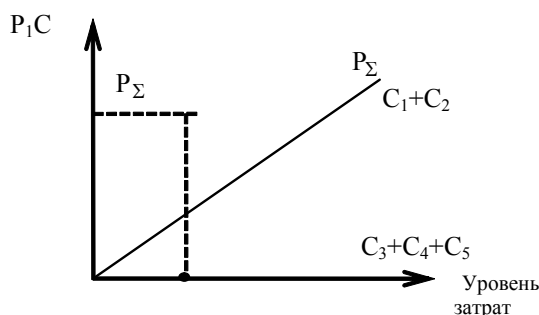


Рис. 1. Зависимость суммарных потерь от затрат на систему

Обозначим суммарные затраты на систему и профилактику

$$C = C_1 + C_2 , \quad (2)$$

а возможные потери:

$$P = C_3 + C_4 + C_5 . \quad (3)$$

Очевидно, что в реальных условиях для любого планового периода анализа будет существовать ограничение

$$C \leq C_n, \quad (4)$$

где  $C_n$  – плановый уровень ассигнований, при этом в подавляющем большинстве случаев  $C_n \leq C^0$ . С учетом (4) глобальную цель (1) можно записать в виде:

$$P = \min_{C \leq C_n} (C_3 + C_4 + C_5), \quad (5)$$

что означает, что необходимо создать такую систему, которая при любом уровне задания ограниченных финансовых и материально-технических ресурсов  $C$  обеспечит минимизацию социально-экономических потерь от ЧС. Достижение указанной цели связано, прежде всего, с созданием эффективной организационной структуры управления процессами локализации и ликвидации ЧС. Для определения ее задач рассмотрим пути достижения глобальной цели (5).

Достижение цели (5) возможно двумя путями: уменьшение числа ЧС всех видов; минимизация суммарных потерь  $P$  в случае возникновения конкретной ЧС [3].

Первый путь связан с решением задач профилактики ЧС. В каждом конкретном случае это связано с разработкой и реализацией узкоспециальных мероприятий (совершенствование технологий, создание систем аварийной защиты). В Украине создана эффективная система органов охраны и безопасности, поэтому задача уменьшения числа ЧС не входит в функцию системы. В данном случае важной является функция информационного взаимодействия со специальными службами и объектами для получения информации об источниках потенциальной опасности, вероятности возникновения ЧС, мощности возможного воздействия, его последствий и выработка на этой основе мероприятий по локализации и ликвидации последствий ЧС. В этом же плане должна проводиться и профилактическая работа, которая заключается в разработке стандартных ситуационных планов локализации различных ЧС, подготовке кадров, информировании и обучении населения. Таким образом, основным путем достижения цели (5) является минимизация суммарных потерь  $p$  в случае возникновения ЧС.

Рассмотрим зависимость обобщенных социально-экономических потерь из-за ЧС в зависимости  $C_3$  от времени ее неконтролируемого развития. В общем случае, независимо от вида ЧС, функция

$$C_3 = F(t) \quad (6)$$

может быть представлена S-образной кривой (кривая А на рис. 2).

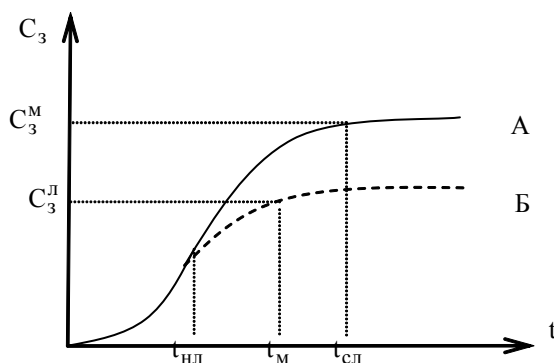


Рис. 2. Зависимость потерь от времени неконтролируемого развития ЧС

На рис. 2 момент времени  $t_{сл}$  соответствует времени самолокализации (прекращения развития) ЧС, без целенаправленного вмешательства. Значение  $C_3^M$  соответствует ущербу, который принесет ЧС на момент самолокализации. Конкретный вид и характеристики ЧС изменяют только значения  $t_{сл}$  и  $C_3^M$ , но не качественный вид зависимости.

Уменьшение потерь от ЧС может быть достигнуто проведением целенаправленных мероприятий по ее локализации. Обозначим время локализации ЧС через  $t_{\text{л}}$ . Очевидно, что  $t_{\text{л}} \leq t_{\text{сл}}$  и чем оно меньше, тем однозначно меньше потери  $C_3^{\text{л}}$ . Кроме того, целенаправленное вмешательство в развитие ЧС в целях ее локализации изменяет характер роста потерь (кривая Б на рис. 2). На этой кривой момент  $t_{\text{нл}}$  – начало мероприятий по локализации ЧС. Таким образом, одной из задач системы является минимизация времени локализации ЧС, т.е.

$$t_{\text{кл}} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Уровень затрат на ликвидацию последствий ЧС однозначно определяется уровнем и структурой ущерба, нанесенного ЧС на момент локализации, т.е. уровнем  $C_3^{\text{л}}$ . Таким образом, переменные  $C_3$  и  $C_5$  изменяются согласованно и для минимизации  $C_5$ , аналогично  $C_3$ , необходимо минимизировать время  $t_{\text{кл}}$  (7).

Локализация ЧС требует некоторых затрат сил, средств, ресурсов. Величина этих затрат обозначена  $C_4$ . Она зависит от двух факторов: времени начала локализации ЧС; эффективности плана локализации. Первое объясняется тем, что в общем случае динамики развития любой ЧС может быть описана кривой, приведенной на рис. 3.



Рис. 3. Динамика развития ЧС

Это означает, что с течением времени масштабы неконтролируемо развивающейся ЧС достигают некоторого максимума и затем начинают уменьшаться. Чем меньше масштабы ЧС, тем меньше ресурсов необходимо затратить на ее локализацию. Это означает, что необходимо стремиться обеспечить

$$t_{\text{нл}} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где  $t_{\text{нл}}$  – момент начала локализации.

Вторая составляющая – эффективность плана локализации, определяет количество ресурсов  $R_{\text{л}}$ , которое необходимо затратить на локализацию ЧС. В реальных условиях  $R_{\text{л}}$  всегда ограничены некоторым уровнем  $R_{\text{д}}$ . Тогда с учетом (7) критерий эффективности плана локализации конкретной ЧС будет иметь вид

$$T_{\text{л}} = \min_{R \in R_{\text{д}}} (t_{\text{кл}} - t_{\text{нл}}). \quad (9)$$

Рассмотрим структуру временных затрат на интервале от момента возникновения ЧС  $t_0$  до момента окончания ее локализации  $t_{\text{кл}}$ . Можно выделить следующие основные интервалы:  $\Delta t_1$  – время с момента возникновения ЧС до момента поступления об этом в систему;  $\Delta t_2$  – затраты времени на классификацию ситуации, ее первичную оценку и оповещение лиц, принимающих решение (ЛПР), всех необходимых уровней как внутри системы, так и смежных функциональных систем, например, органов внутренних дел, пожарной охраны, скорой помощи и т.д.;  $\Delta t_3$  – временные затраты на идентификацию ситуации и прогноз ее развития;  $\Delta t_4$  – время, необходимое на подготовку плана локализации ЧС;  $\Delta t_5$  – время реализации плана локализации ЧС.

Функциональные действия на каждом из перечисленных этапов многоаспектны, поэтому указанные интервалы могут частично перекрываться, но в целом, согласно (8), (9), необходимо минимизировать суммарные временные затраты

$$T = \sum_{i=1}^5 \Delta t_i \rightarrow \min_{R \in R_d} . \quad (10)$$

Эта задача связана с эффективным использованием ограниченных ресурсов  $R_d$ .

Содержательный анализ перечисленных основных этапов действий по локализации ЧС показывает, что первые четыре из них полностью состоят в получении, накоплении, передаче и обработке информации в целях оперативной выработки эффективного решения по локализации ЧС. При этом критерием оперативности является

$$K_1 = \min \sum_{i=1}^4 t_i , \quad (11)$$

а критерием эффективности

$$K_2 = \min_{R \in R_d} \Delta t_5 . \quad (12)$$

Достижение целей (11), (12) в определяющей степени связано с эффективностью организации и реализации информационных процессов в системе. Повышение эффективности имеет два аспекта:

- создание совершенной организационно-управляющей структуры, ориентированной на максимально возможное приближение процедур принятия решений по локализации ЧС к месту событий. Это означает повышение уровня ответственности и полномочий низовых уровней системы;

- совершенствование системы сбора, передачи и обработки информации, что связано с комплексной автоматизацией всех информационных процессов на основе современных информационных технологий, сбора, накопления, передачи, обработки, представления информации.

Оба указанных выше аспекта повышения эффективности системы предупреждения, локализации и ликвидации ЧС тесно связаны и кардинальное решение проблемы возможно только в рамках создания региональной информационно-аналитической подсистемы (РИАП ЧС), базирующейся на широком использовании ЭВМ, передовых компьютерных технологиях, средствах связи и оргтехники [3].

Создание такой информационно-аналитической системы для предупреждения, локализации и ликвидации последствий ЧС состоит из стадий проектирования и управления. На стадии проектирования решаются две задачи: задача функционально-организационного распределения и задача распределения ресурсов. На стадии управления решается задача управления созданной системой.

Решение задачи распределения ресурсов состоит из двух этапов: определение оптимального количества ресурсов, необходимых для локализации ЧС, и размещение этих ресурсов на территории региона.

Рассмотрим решение задачи определения оптимального количества ресурсов.

Постановка задачи:

1. Задан ущерб от ЧС как функция количества ресурсов, выделяемых на предупреждение и локализацию ЧС:

$$\Pi_{\text{ЧС}} = f(R) , \quad (13)$$

где,  $R$  – ресурсы.

2. Задана функция затрат на ресурсы:

$$Z = \varphi(R) . \quad (14)$$

Общие экономические потери состоят из суммы затрат на ресурсы и потерь от ЧС:

$$U = Z + \Pi_{\text{ЧС}} = \varphi(R) + f(R) . \quad (15)$$

Необходимо определить оптимальное количество ресурсов  $R^0$ , требуемых для предотвращения, локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций:

$$R^0 = \min_R [\varphi(R) + f(R)]. \quad (16)$$

Для решения задачи определения оптимального количества ресурсов необходимо обосновать вид функции затрат на ресурсы и вид функции ущерба от ЧС. Рассмотрим случай, когда функция затрат на ресурсы – это линейная функция следующего вида:

$$Z(R) = \varphi(R) = B * R, \quad (17)$$

где  $B$  – коэффициент стоимости ресурсов (constant);  $R$  – ресурсы.

Функция ущерба от ЧС – это функция вида:

$$\Pi_{\text{ЧС}}(R) = f(R) = 1 - \left( \frac{R - R_{\text{нх}}}{R_{\text{нл}} - R_{\text{нх}}} \right)^\alpha, \quad (18)$$

где  $R$  – ресурсы;  $R_{\text{нх}}, R_{\text{нл}}$  – наихудшее и наилучшее значения ресурсов, соответствующие границам области допустимого изменения данных параметров системы;  $\alpha$  – показатель нелинейности.

При  $\alpha=1$  получаем линейную зависимость, при  $0 < \alpha < 1$  – выпуклую, при  $\alpha > 1$  – вогнутую. Кривизна зависит от значения  $\alpha$ . Это хорошо видно на рис. 4.

Функция вида (18) – это функция потери полезности. Она является универсальной, так как позволяет реализовать все зависимости как функции допустимых пределов изменения параметров [4].

Графики функций (17) и (18) представлены на рис. 4.

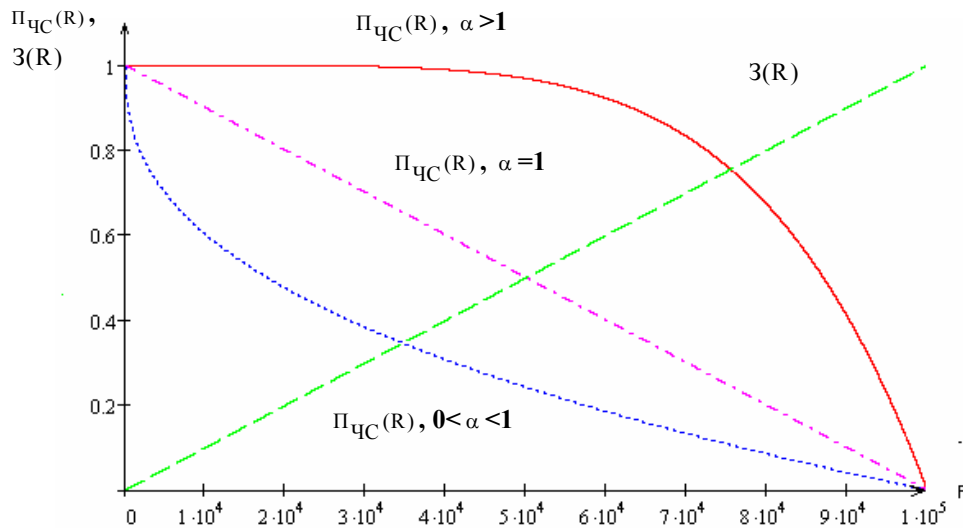


Рис.4. Графики функции ущерба от ЧС и функции затрат на ресурсы

Таким образом,  $R^0$  выглядит так:

$$R^0 = \min_R [\varphi(R) + f(R)] = B * R + \left[ 1 - \left( \frac{R - R_{\text{нх}}}{R_{\text{нл}} - R_{\text{нх}}} \right)^\alpha \right]. \quad (19)$$

Функция достигает своего минимума (для вогнутых функций) и максимума (для выпуклых функций) в точке, в которой производная данной функции равна 0. Для расчета воспользуемся интегрированной средой Mathcad. Найдем производную функции (19), получим:

$$(R^0)' = \left( B * R + \left[ 1 - \left( \frac{R - R_{\text{нх}}}{R_{\text{нл}} - R_{\text{нх}}} \right)^\alpha \right] \right)' = - \left( \frac{R - R_{\text{нх}}}{R_{\text{нл}} - R_{\text{нх}}} \right)^\alpha * \frac{\alpha}{R - R_{\text{нх}}} + B. \quad (20)$$

Приравняв производную к 0, и решив уравнение (21) относительно  $R$ , найдем оптимальное количество ресурсов  $R^0$ :

$$-\left(\frac{R - R_{\text{НХ}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{НХ}}}\right)^\alpha * \frac{\alpha}{R - R_{\text{НХ}}} + B = 0, \quad (21)$$

$$R^0 = \exp[(-1 + \alpha)^{-1} \ln[-B * \frac{-R_{\text{НЛ}} + R_{\text{НХ}}}{\alpha}]] * R_{\text{НЛ}} - \exp[(-1 + \alpha)^{-1} \ln[-B * \frac{-R_{\text{НЛ}} + R_{\text{НХ}}}{\alpha}]] * R_{\text{НХ}} + R_{\text{НХ}}. \quad (22)$$

Найдем решение  $R^0$  при различных значениях  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ,  $\alpha > 1$  и  $\alpha = 1$ ).

1. Рассмотрим первый случай, когда  $0 < \alpha < 1$ . Функция затрат на ресурсы – линейная функция, функция потерь от ЧС – вогнутая функция, сумма этих функций – вогнутая функция.

Предположим, что нам задано:  $\alpha = 0,4$ ,  $R_{\text{НХ}} = 0$ ,  $R_{\text{НЛ}} = 1000000$ ,  $B = 0.000001$ . По формуле (22) получаем, что  $R^0 = 2,172 * 10^4$ . Графически решение представлено на рис. 5.

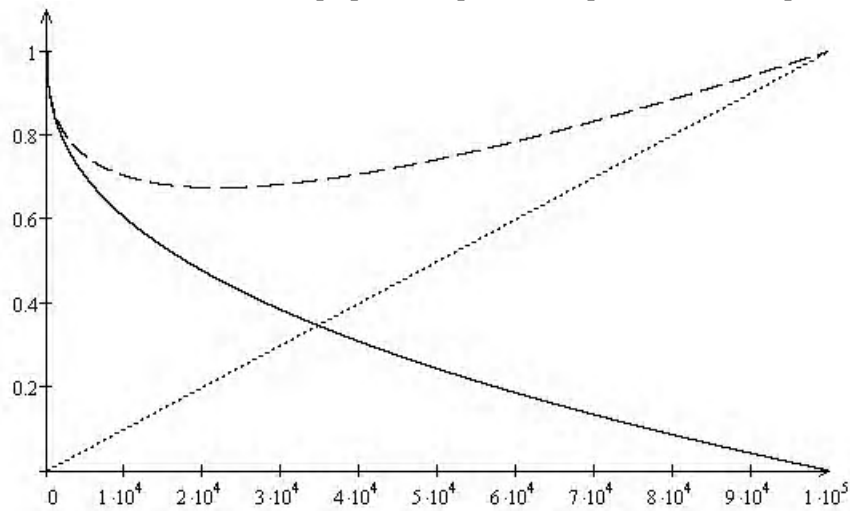


Рис. 5. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\Pi_{\text{ЧС}}(R)$  и  $Z(R) + \Pi_{\text{ЧС}}(R)$

2. Рассмотрим второй случай, когда  $\alpha > 1$ . Функция затрат на ресурсы – линейная функция, функция потерь от ЧС – выпуклая функция, сумма этих функций – выпуклая функция.

Предположим, что нам задано:  $\alpha = 2$ ,  $R_{\text{НХ}} = 0$ ,  $R_{\text{НЛ}} = 1000000$ ,  $B = 0.0000001$ .

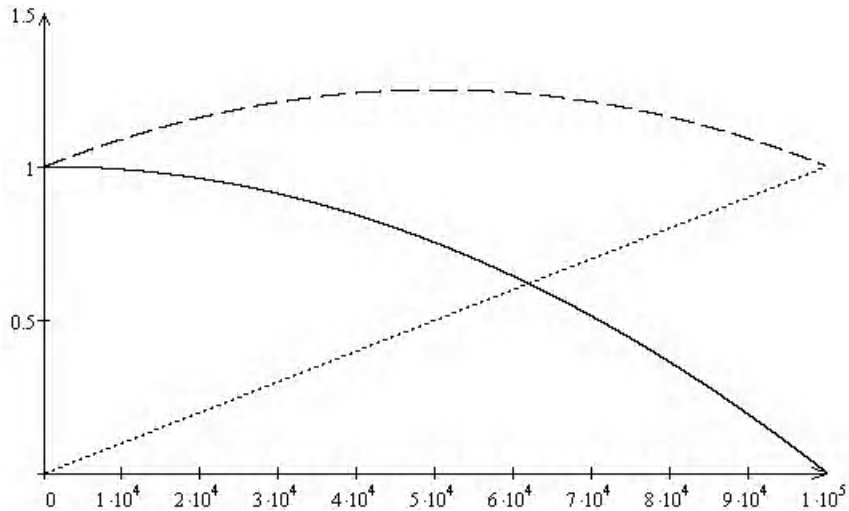


Рис. 6. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\Pi_{\text{ЧС}}(R)$  и  $Z(R) + \Pi_{\text{ЧС}}(R)$

В этом случае сумма функций  $Z(R) + \Pi_{\text{ЧС}}(R)$  – выпуклая функция и решение будет либо при  $R=0$ , либо при  $R_{\text{max}}$ . Графически решение представлено на рис. 6.

3. И, наконец, рассмотрим третий случай, когда  $\alpha=1$ .

В этом случае решение не существует, так как знаменатель обращается в 0 (22).

Теперь рассмотрим случай, когда функция затрат на ресурсы не линейна и имеет следующий вид:

$$Z(R) = \varphi(R) = \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^b, \quad (23)$$

где  $R$  – ресурсы;  $R_{\text{HX}}$ ,  $R_{\text{НЛ}}$  – наихудшее и наилучшее значения, соответствующие границам области допустимого изменения данных параметров системы;  $b$  – показатель нелинейности.

При  $b=1$  получаем линейную зависимость, при  $0 < b < 1$  – выпуклую, при  $b > 1$  – вогнутую. Кривизна зависит от значения  $b$ . Функция вида (23) – это функция полезности.

График функции вида (23) представлен на рис. 7.

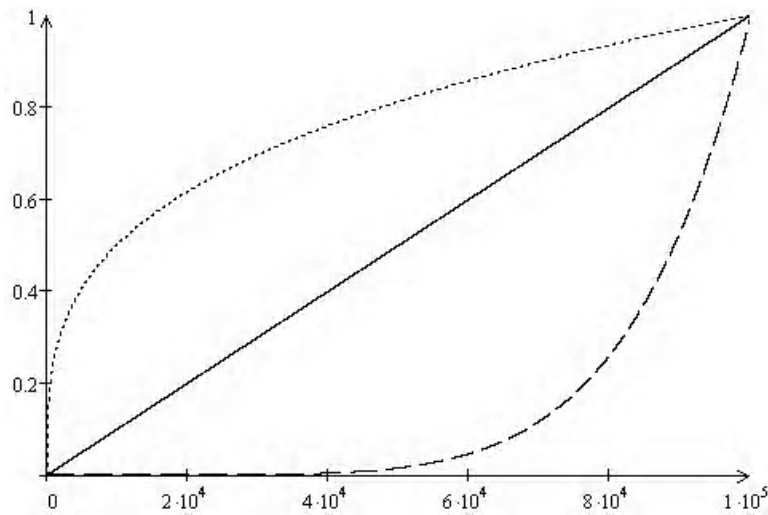


Рис. 7. График функции затрат на ресурсы

Функция потерь от ЧС представлена формулой (18).

Тогда, с учетом сказанного выше

$$R^0 = \min_R [\varphi(R) + f(R)] = \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^b + \left[ 1 - \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^\alpha \right]. \quad (24)$$

Найдем производную функции (24), получим:

$$\begin{aligned} (R^0)' &= \left( \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^b + \left[ 1 - \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^\alpha \right] \right)' = \\ &= - \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^b * \frac{b}{R - R_{\text{HX}}} + \left( \frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}} \right)^\alpha * \frac{\alpha}{R - R_{\text{HX}}}. \end{aligned} \quad (25)$$

Приравняв производную к 0 и решив уравнение относительно  $R$ , найдем оптимальное количество ресурсов  $R^0$ :

$$-\left(\frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}}\right)^b * \frac{b}{R - R_{\text{HX}}} + \left(\frac{R - R_{\text{HX}}}{R_{\text{НЛ}} - R_{\text{HX}}}\right)^\alpha * \frac{\alpha}{R - R_{\text{HX}}} = 0, \quad (26)$$

$$R^0 = \exp[(-b + \alpha)^{-1} \ln(b/\alpha)] * R_{\text{НЛ}} - \exp[(-b + \alpha)^{-1} \ln(b/\alpha)] * R_{\text{HX}} + R_{\text{HX}}. \quad (27)$$

Рассмотрим решение при различных значениях  $b$  и  $\alpha$ :

1) Если  $\alpha = b$ , получаем, что  $R^0$  не существует, так как знаменатель обращается в 0 (27).

2) Если  $0 < \alpha < 1$ ,  $0 < b < 1$ , то функция затрат на ресурсы – выпуклая, функция потерь от ЧС – вогнутая, сумма этих функций – вогнутая функция.  $R^0$  существует, и оптимальное количество ресурсов рассчитываем по формуле (27).

Пример: пусть  $\alpha = 0,2$ ,  $b = 0,8$ ,  $R_{\text{HX}} = 0$ ,  $R_{\text{НЛ}} = 1000000$ , получаем:  $R^0 = 9,921 * 10^3$  (рис. 8).

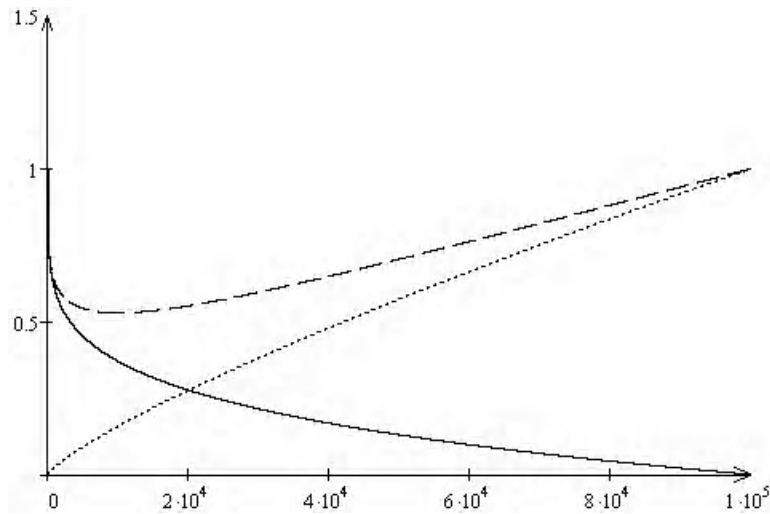


Рис. 8. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\text{Пчс}(R)$  и  $Z(R) + \text{Пчс}(R)$  при  $0 < \alpha < 1$ ,  $0 < b < 1$

3) Если  $\alpha > 1$ ,  $b > 1$ , то функция затрат на ресурсы – вогнутая, функция потерь от ЧС – выпуклая, сумма этих функций – вогнутая функция. Оптимальное количество ресурсов  $R^0$  рассчитываем по формуле (27).

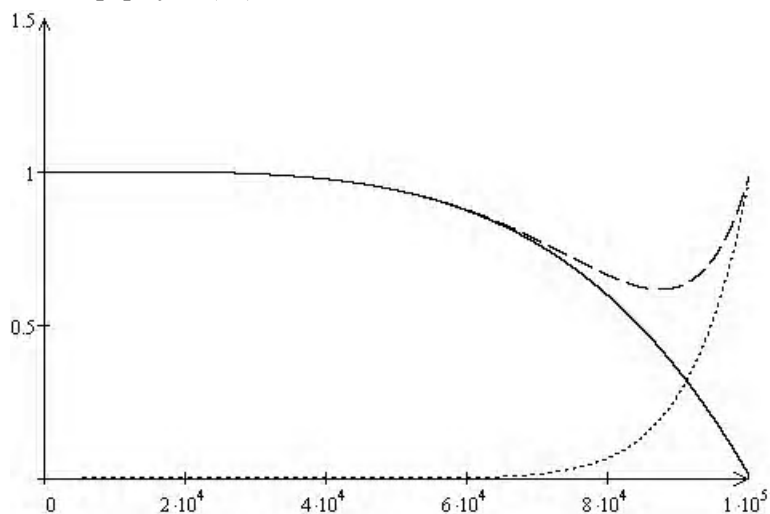


Рис. 9. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\text{Пчс}(R)$  и  $Z(R) + \text{Пчс}(R)$  при  $\alpha > 1$ ,  $b > 1$

Пример: пусть  $\alpha = 4$ ,  $b = 12$ ,  $R_{\text{HX}} = 0$ ,  $R_{\text{НЛ}} = 1000000$ , получаем:  $R^0 = 8,717 * 10^4$  (рис. 9).

4) Если  $0 < \alpha < 1$ ,  $b > 1$ , то функции затрат на ресурсы и потерь от ЧС – вогнутые, сумма этих функций – вогнутая функция.  $R^0$  существует, оптимальное количество ресурсов  $R^0$  рассчитываем по формуле (27).

Пример: пусть  $\alpha = 0,4$ ,  $b = 12$ ,  $R_{нх} = 0$ ,  $R_{нл} = 1000000$ , получаем:  $R^0 = 7,459 \cdot 10^4$  (рис. 10).

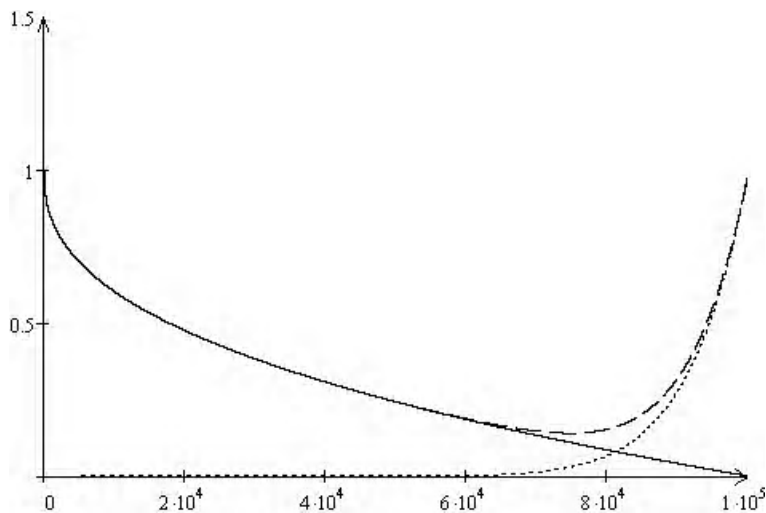


Рис. 10. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\Pi_{ЧС}(R)$  и  $Z(R) + \Pi_{ЧС}(R)$  при  $0 < \alpha < 1$ ,  $b > 1$

5) Если  $\alpha > 1$ ,  $0 < b < 1$ , то функции затрат на ресурсы и потерь от ЧС – выпуклые, сумма этих функций также выпуклая функция. Оптимальное количество ресурсов  $R^0$  будет либо при  $R = 0$ , либо при  $R_{\max}$ .

Пример: пусть  $\alpha = 2$ ,  $b = 0,8$ ,  $R_{нх} = 0$ ,  $R_{нл} = 1000000$  (рис. 11).

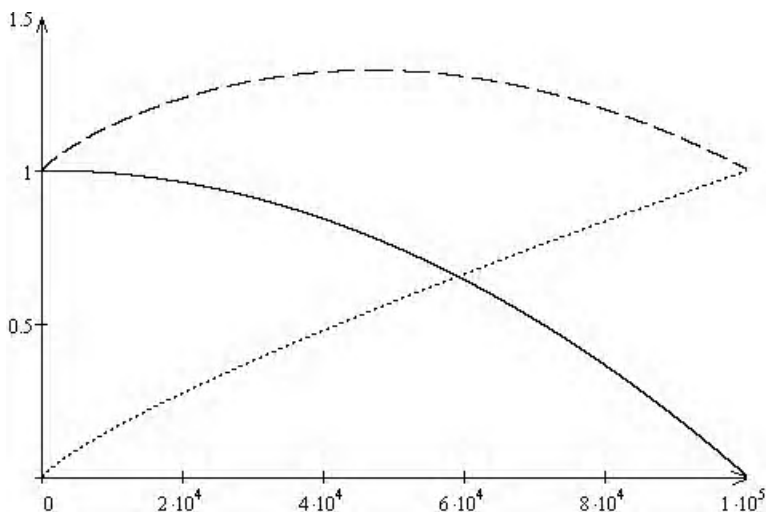


Рис. 11. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\Pi_{ЧС}(R)$  и  $Z(R) + \Pi_{ЧС}(R)$  при  $\alpha > 1$ ,  $0 < b < 1$

6) Если  $\alpha = 1$ ,  $0 < b < 1$ , то функция затрат на ресурсы – выпуклая, функция потерь от ЧС – линейная, сумма этих функций – выпуклая функция. Оптимальное количество ресурсов  $R^0$  будет равно либо при  $R = 0$ , либо при  $R_{\max}$ .

Пример: пусть  $\alpha = 1$ ,  $b = 0,3$ ,  $R_{нх} = 0$ ,  $R_{нл} = 1000000$  (рис. 12).

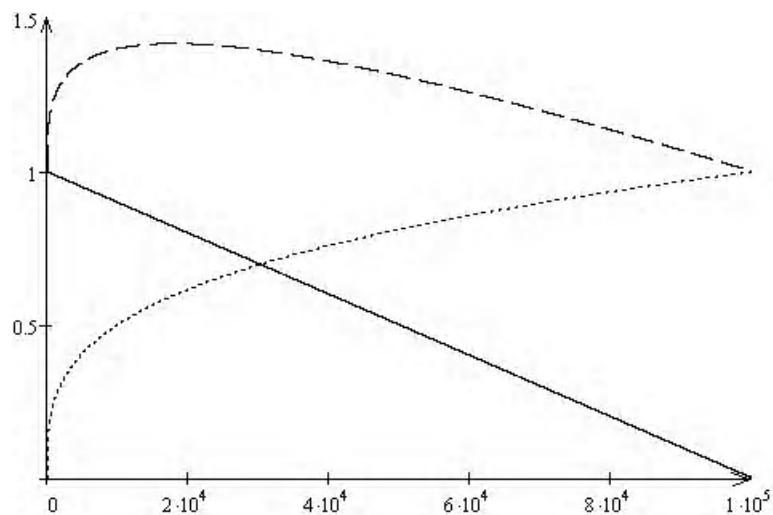


Рис.12. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\Pi_{\text{ЧС}}(R)$  и  $Z(R)+\Pi_{\text{ЧС}}(R)$  при  $\alpha=1, 0 < b < 1$

7) Если  $\alpha=1, b > 1$ , то функция затрат на ресурсы – вогнутая, функция потерь от ЧС – линейная, сумма этих функций – вогнутая функция.  $R^0$  существует, и его находим из выражения (27).

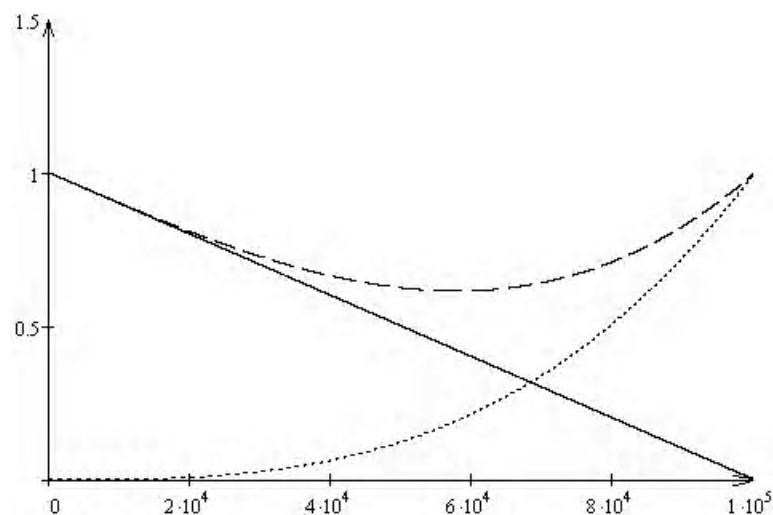


Рис. 13. Графики зависимостей  $Z(R)$ ,  $\Pi_{\text{ЧС}}(R)$  и  $Z(R)+\Pi_{\text{ЧС}}(R)$  при  $\alpha=1, b > 1$

Пример: пусть  $\alpha=1, b=3, R_{\text{нх}}=0, R_{\text{нл}}=1000000$ , получаем:  $R^0=5,774 \cdot 10^4$  (рис. 13).

8) Если  $b=1$ , а  $0 < \alpha < 1$  или  $\alpha > 1$ , это частный случай функции (17). Решение для таких значений  $\alpha$  и  $b$  было рассмотрено ранее.

Таким образом, используя формулы (22) и (27), можно определить оптимальное количество ресурсов  $R^0$  при различных видах функций затрат на ресурсы и потерь от ЧС.

### 3. Результаты решения задачи

*Научная новизна:* при заданных функциях ущерба от ЧС и затрат на ресурсы было определено оптимальное количество ресурсов для предупреждения, локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, с учетом того, что общие экономические потери состоят из суммы этих функций. Были получены решения при таких видах функций:

- функция затрат на ресурсы – линейная, функция ущерба от ЧС – функция потери полезности. (При этом функция потери полезности в зависимости от значения показателя нелинейности может быть выпуклой, линейной и вогнутой);

– функция затрат на ресурсы – функция полезности, функция ущерба от ЧС – функция потери полезности. (И так же как и в случае с функцией потери полезности в зависимости от значения показателя нелинейности она может быть выпуклой, линейной и вогнутой).

Определили, что в некоторых случаях решение не может быть найдено.

*Практическая значимость:* проведено исследование математических моделей для определения оптимального количества ресурсов для локализации ЧС, которые позволяют минимизировать суммарные экономические потери общества за счет их создания и потерь от ЧС.

Таким образом, было рассмотрено решение первого этапа задачи распределения ресурсов, а именно – задачи определения оптимального количества специализированных сил и средств для предупреждения и локализации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

**Список литературы:** 1. Прокопенко А.И., Вайнер В.Г., Галкин В.Л. Экономико-экологическое моделирование: Учебн. пособие / Под ред. В.Г. Вайнера. Харьков: АО «Бизнес Информ», 1997. 360 с. 2. Петров Э.Г., Писклакова В.П. Функциональные задачи региональной (областной) информационно-аналитической подсистемы локализации и ликвидации ЧС // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация последствий. Материалы международной конференции под эгидой Организации Черноморского экономического сотрудничества и в кооперации МПЧС. 23-25 мая, 2000. Харьков. Ротапринт ИРЭНАН Украины. С. 125-127. 3. Гиренко П.И., Петров Э.Г. Системологический анализ целей и задач системы предупреждения и локализации чрезвычайных ситуаций // РИ. 1998. № 4. С. 61-64. 4. Петров Э.Г. Организационное управление городом и его подсистемами (методы и алгоритмы). Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. 144с.

Поступила в редколлегию 14.05.2007

**Олишевская Ольга Николаевна**, аспирантка кафедры системотехники. Научные интересы: информационно-аналитические системы принятия решений, автоматизация органов управления, системный анализ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

УДК 004.8 : 004.936.2

*М.В. ДАВИДОВ, Ю.В. НИКОЛЬСКИЙ, В.В. ПАСІЧНИК*

## **ВИБІР ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ЕТАЛОНА ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ЖЕСТОВОЇ МОВИ**

Наводяться результати досліджень з ідентифікації жесту української жестової мови за формою кисті руки. Розробляються та досліджуються методи ідентифікації на основі порівняння зображень з еталоном. Описуються оптимальні значення параметрів методів та тип функції відповідності, які дозволяють для обраної групи жестів розв'язувати задачу ідентифікації у реальному часі.

### **1. Постановка проблеми у загальному вигляді**

У статті наведено результати експериментів із застосування деяких підходів до опрацювання зображень, що складають частину комплексного дослідження, метою якого є побудова комп'ютеризованої системи перекладу мови жестів у текст [1, 2]. Така система обробляє сигнал із фронтальним зображенням людини, яка розмовляє жестовою мовою. Сигнал надходить з відеокамери в комп'ютер, проходить оброблення, а виділений з нього жест ідентифікується як слово або словосполучення.

У дослідженнях використано відеопідручник української жестової мови. Цей підручник використовують для навчання жестовій мові у спеціалізованих школах для дітей з пониженим слухом та люди, які втратили слух. Для проведення досліджень фільм був конвертований у цифровий формат, а його кадри використано для побудови моделі жесту та подальшого її аналізу. *Актуальність* дослідження вказаної проблеми впливає з необхідності створення комп'ютеризованих систем спілкування українською мовою з людьми, які мають послаблений слух.