

*В роботі розглянута багатокри-  
теріальна задача планування покращен-  
ня якості процесу розробки програмного  
забезпечення, яка базується на формалі-  
зації моделі зрілості. В якості критеріїв  
використовуються функції корисності  
ступеня досягнення цільового профай-  
ла і ресурсного забезпечення. Розроблені  
моделі є задачами математичного про-  
грамування з цілочисловими і булевими  
змінними*

*Ключові слова: якість, процес роз-  
робки програмного забезпечення, модель  
зрілості, функція корисності*

*В работе рассмотрена многокритери-  
альная задача планирования улучшения  
качества процесса разработки программ-  
ного обеспечения, которая базируется на  
формализации модели зрелости. В каче-  
стве критериев используются функции  
полезности степени достижения целе-  
вого профайла и ресурсного обеспечения.  
Разработанные модели являются задача-  
ми математического программирования с  
целочисленными и булевыми переменными*

*Ключевые слова: качество, процесс  
разработки программного обеспечения,  
модель зрелости, функция полезности*

# СИНТЕЗ СТАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

**М. Д. Годлевский**

Доктор технических наук,  
профессор, заведующий кафедрой\*

E-mail: god\_asu@kpi.kharkov.ua

**А. А. Голоскокова**

Ассистент\*

E-mail: dsp\_17@bk.ru

\*Кафедра "Программная инженерия и  
информационные технологии управления"  
Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"  
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

## 1. Введение

В настоящее время во всем мире всё большее внимание обращается на качественные характеристики программного обеспечения (ПО). В связи с этим принимаются международные, отраслевые стандарты, стандарты предприятий – производителей ПО. Уделяется внимание соответствующей сертификации предприятий. Крупные компании разработчиков ПО внедряют у себя комплексные автоматизированные технологии управления проектами. Всё это позволяет улучшать качество ПО, обеспечивать конкурентоспособность программного продукта. Вопросы, связанные с организацией и улучшением процесса разработки ПО, управлением коллективом разработчиков, разработкой и внедрением программных средств поддержки жизненного цикла разработки ПО попадают в сферу программной инженерии. Процесс разработки ПО (ПР ПО) имеет иерархическую архитектуру, включая множество процессов жизненного цикла программной системы (ПЖЦ ПС). Каждый процесс характеризуется задачами, методами их решения, действующими лицами и результатами. ПЖЦ протекают параллельно. Каждый процесс разделен на набор действий, каждое действие – на набор задач. Каждый процесс, действие или задача инициируются и выполняются по мере необходимости, причем не существует заранее определенных последовательностей выполнения. Наборы ПЖЦ регламентируются международными стандар-

тами такими как: ISO/IEE 12207, SWEBOOK и др. При этом под улучшением качества ПР ПО [1] понимается совокупность действий, направленная на улучшение его характеристик в результате выполнения некоторого набора действий [2].

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Проведенный анализ литературы в области улучшения качества ПР ПО показал, что большинство работ в этом направлении посвящены вербальному описанию данной проблемы. Все они представляют некоторые описательные модели, которые оценивают качество ПР ПО, а так же дают рекомендации по его улучшению. Так в [3] рассмотрено улучшение ПР ПО на основе модели СММИ, автор работы [4] не опирается на понятие модели зрелости и рассматривает технологию Pro RAM. В работе [5] предлагается универсальный подход к разработке непрерывных моделей зрелости и приводятся примеры оценивания архитектуры ПО и качества процесса управления программным продуктом. Исследование [6] посвящено созданию "решеток зрелости". Каждая такая решетка позволяет получить комплексную оценку организационных возможностей предприятия на разных уровнях зрелости. В работе [7] впервые на основе теории нечётких множеств введено понятие степени достижения определённого уровня

зрелости ПР ПО, а [8] посвящена математической динамической модели улучшения его качества. На основе реальной информации, предоставленной компанией NIX Solutions, проведены исследования, которые показали работоспособность разработанной модели и алгоритма [9].

Предлагаемая работа является дальнейшим развитием [7–9] и базируется на использовании функций полезности теории принятия решений, а так же на понятии скользящего планирования, которое предполагает рассмотрение двух постановок задачи: статической и динамической. При статической постановке на основе исходного состояния ПР ПО и целевого профайла с учетом ограничения на ресурсы определяется оптимальный вариант продвижения организации к поставленной цели или находится компромиссное решение между степенью достижения целевого профайла и необходимыми ресурсами. При динамической постановке стоит задача определения оптимального варианта продвижения ПР ПО на некотором плановом периоде  $[0, T]$  к более высокому уровню качества, где  $T$  – продолжительность рассматриваемого планового периода. В работе качество характеризуется альтернативными вариантами продвижения ПР ПО к более высокому уровню зрелости согласно модели СММИ, а так же стратегиями использования различных видов ресурсов для достижения определенного уровня зрелости. С точки зрения теории принятия решений каждый альтернативный вариант улучшения качества ПР ПО определяется тремя обобщенными показателями (критериями).

1. Степенью достижения поставленной цели. В нашем случае цель связана с определённым целевым профайлом ПР ПО.

2. Ресурсами необходимыми для достижения поставленной цели. В работе рассматриваются финансовые ресурсы и ресурсы, связанные со временем сотрудников компании, которое необходимо затратить для продвижения ПР ПО к более высокому уровню зрелости. Фактически это время отвлечения сотрудников от основной деятельности компании, связанной непосредственно с разработкой и сопровождением программных систем.

3. Временем необходимым для решения поставленной задачи.

Скользящее планирование предполагает на первом этапе решение динамической задачи, на основе которого определяется целевой профайл для первого подпериода планирования, являющийся целью при рассмотрении статической задачи. В ходе ее решения уточняются результаты планирования улучшения качества ПР ПО, полученные на основе динамической модели. Далее снова решается динамическая задача со сдвижкой на один подпериод и т. д. Данная работа посвящена первой части поставленной проблемы – синтезу статических моделей.

### 3. Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка статических моделей планирования улучшения качества ПР ПО на основе модели зрелости СММИ.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи.

1. Провести анализ существующих подходов вербального описания моделей улучшения качества ПР ПО.

2. Выбрать методологию формирования математической модели улучшения качества ПР ПО.

3. Синтезировать функции полезности частных критериев степени достижения целевого профайла и критериев, связанных с ресурсным обеспечением.

4. Разработать многокритериальную статическую модель задачи планирования улучшения качества ПР ПО.

5. Рассмотреть различные постановки решения разработанной статической модели задачи в зависимости от целей, которые ставятся лицом принимающим решение.

### 4. Синтез функций полезности частных критериев степени достижения целевого профайла

Исходя из структуры модели СММИ [10], которая представлена в виде иерархии понятий, на самом нижнем уровне находятся практики, каждая из которых характеризуется определенным уровнем возможности [11]. В соответствии с этим введем дискретные переменные  $x_{is}^j$  принимающие значения целых чисел, каждое из которых соответствует уровню возможности  $j$ -ой практики, которая участвует в обеспечении достижения  $s$ -ой цели  $i$ -ой фокусной области. В свою очередь переменная:

$$y_{is} = f_{is}(\{x_{is}^j\}) \quad (1)$$

определяет уровень возможности  $s$ -ой цели  $i$ -ой фокусной области, где  $f_{is}$  – функция преобразования значений уровней возможностей частных практик, обеспечивающих достижение  $s$ -ой цели  $i$ -ой фокусной области. Совокупность целей  $i$ -ой фокусной области определяет её уровень возможности:

$$Z_i = F_i(\{y_{is}\}). \quad (2)$$

В соответствии с иерархией понятий модели СММИ введём следующие обозначения:  $J_i^s$  – множество практик  $s$ -ой цели  $i$ -ой фокусной области;  $S_i$  – множество целей  $i$ -ой фокусной области;  $I_k^l$  – множество фокусных областей принадлежащих  $l$ -ой категории  $k$ -го уровня зрелости;  $L_k$  – множество категорий  $k$ -го уровня зрелости;  $K$  – множество уровней зрелости.

Каждая фокусная область вносит свой вклад в достижение некоторого уровня зрелости ПР ПО организации. Поэтому частным критерием оценки уровня зрелости ПР ПО будем считать степень достижения заданного «качества» реализации фокусной области. Одним из подходов оценки альтернатив множества  $\Omega$  является построение отдельных частных функций полезности и на их основе обобщенных функций полезности (соответствующих обобщенным критериям, рассмотренным выше) в рамках теории полезности. Если в этом есть необходимость, строится скалярная функция полезности на основе отдельных обобщенных.

В нашем случае критерии  $Z_i$  имеют различную размерность, так как описывают уровень решения различных задач (уровень достижения различных целей). Поэтому они не сравнимы между собой и их необходимо нормализовать. В дальнейшем такие норма-

лизованные частные критерии будем называть функциями полезности частных критериев или частными функциями полезности, каждая из которых должна удовлетворять следующим требованиям: иметь одинаковый интервал измерения (в нашем случае  $[0,1]$ ), быть безразмерной и инвариантной к виду экстремума частного критерия. Это означает, что наилучшее значение должно соответствовать максимальному, равному единице, и наихудшее – минимальному, равному нулю значению частной функции полезности [12]. Кроме этого частная функция полезности должна иметь возможность реализовываться как линейные, так и нелинейные выпуклые вверх и вниз неубывающие зависимости полезности от частного критерия. Учитывая это, будем использовать фундаментальное свойство систем [13], которое гласит, что эффективность (полезность) любой системы от вложенных ресурсов на всем интервале жизненного цикла качественно может быть описано логистической кривой, которая имеет S-образный характер.

Так как на рассматриваемом периоде обычно ЛПР оперирует с определенным интервалом изменения значений частного критерия, то можно говорить и о различном виде функции полезности. Исходя из выше приведенных рассуждений и требований к функции полезности частного критерия, представим ее в следующем виде

$$P_{ii} \left( Z_i \left( \{x_{is}^j\} \right) \right) = \left( \frac{Z_i \left( \{x_{is}^j\} \right) - Z_i^{HX}}{Z_i^{HL} - Z_i^{HX}} \right)^{\alpha_i}, \quad (3)$$

где  $Z_i^{HL}, Z_i^{HX}$  – наилучшее и, соответственно, наихудшее значения  $i$ -го критерия.  $Z_i^{HX}$  определяется исходным состоянием ПР ПО  $\{\bar{x}_{is}^j\}$ . Таким образом, можно сказать, что  $Z_i^{HX} = F_i \left( \{\bar{y}_{is}\} \right)$ , где  $\bar{y}_{is} = f_{is} \left( \{\bar{x}_{is}^j\} \right)$ . В свою очередь  $Z_i^{HL}$  определяется на основе целевого профайла  $\{\bar{x}_{is}^j\}$ . В результате  $Z_i^{HL} = F_i \left( \{\bar{y}_{is}\} \right)$ , где  $\bar{y}_{is} = f_{is} \left( \{\bar{x}_{is}^j\} \right)$ . Параметр  $\alpha_i$  определяет вид зависимости функции полезности. Это зависимость выпуклая вверх при условии  $0 < \alpha_i < 1$ ; линейная при  $\alpha_i = 1$ ; выпуклая вниз при  $\alpha_i > 1$ . Если говорить об адекватности частной функции полезности реальной ситуации, такой подход логично применять только на ограниченной области изменения частного критерия, где вид функции полезности не меняется (является линейным, выпуклым вверх или вниз). В нашем случае при синтезе частных функций полезности и далее обобщенной функции полезности частных критериев довольно часто необходимо использовать всю область изменения частных критериев. Это особо актуально для динамической постановки задачи и предопределяет необходимость синтеза частных функций полезности в виде логистических кривых с использованием зависимости (3). Так как рассматривается вопрос построения функции полезности для отдельной  $i$ -ой фокусной области, то пределы изменения критерия  $Z_i$  определяются интервалом  $[Z_i^{HL}, Z_i^{HX}]$ .

Исходя из предположения о S-образном виде функции полезности будем считать функцию полезности состоящей из трех участков. Первый соответствует интервалу  $[Z_i^{HX}, \bar{Z}_i]$  и  $\alpha_i = \alpha_i^1 > 1$  (рис. 1). На интервале  $[\bar{Z}_i, Z_i^{HL}]$   $\alpha_i = \alpha_i^3 < 1$  (функция (3) выпуклая вверх). Величины  $\alpha_i^1, \alpha_i^3$  и  $\bar{Z}_i, \hat{Z}_i$  определяются на основе экспертных оценок специалистов.

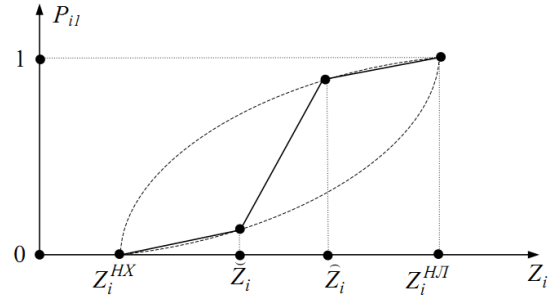


Рис. 1. Описание функции полезности логистической кривой

Функция полезности на интервале  $[\bar{Z}_i, \hat{Z}_i]$  имеет линейную зависимость

$$P_{ii} \left( \{x_{is}^j\} \right) = A_i \cdot Z_i \left( \{x_{is}^j\} \right) + B_i, \quad (4)$$

которая проходит через точки с координатами

$$\left\{ \bar{Z}_i, (a_i \bar{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^1} \right\} \text{ и } \left\{ \hat{Z}_i, (a_i \hat{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^3} \right\},$$

где  $a_i = \frac{1}{(Z_i^{HL} - Z_i^{HX})}, b_i = \frac{Z_i^{HX}}{(Z_i^{HL} - Z_i^{HX})}$ .

В результате решения системы линейных уравнений

$$\begin{cases} (a_i \bar{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^1} = A_i \cdot \bar{Z}_i + B_i, \\ (a_i \hat{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^3} = A_i \cdot \hat{Z}_i + B_i \end{cases} \quad (5)$$

определяются параметры линейной зависимости (4)

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{(a_i \hat{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^3} - (a_i \bar{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^1}}{\hat{Z}_i - \bar{Z}_i}, \\ B_i &= \frac{(a_i \bar{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^1} \cdot \hat{Z}_i - (a_i \hat{Z}_i - b_i)^{\alpha_i^3} \cdot \bar{Z}_i}{\hat{Z}_i - \bar{Z}_i} \end{aligned} \quad (6)$$

и функция полезности частного критерия записывается в следующем виде

$$P_{ii} \left( \{x_{is}^j\} \right) = \begin{cases} (a_i \bar{Z}_i (\{x_{is}^j\}) - b_i)^{\alpha_i^1} : Z_i (\{x_{is}^j\}) \in [Z_i^{HX}, \bar{Z}_i], \\ A_i \cdot Z_i (\{x_{is}^j\}) + B_i : Z_i (\{x_{is}^j\}) \in [\bar{Z}_i, \hat{Z}_i], \\ (a_i \hat{Z}_i (\{x_{is}^j\}) - b_i)^{\alpha_i^3} : Z_i (\{x_{is}^j\}) \in [\hat{Z}_i, Z_i^{HL}]. \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, в зависимости от области изменения переменных модели на основе логистической кривой синтезирована аналитическая функция полезности частных критериев степени достижения целевого профайла.

### 5. Синтез функций полезности частных критериев, связанных с ресурсным обеспечением

Вторая группа критериев – различного вида ресурсы необходимые для достижения поставленных целей.

Как было сказано выше в работе рассматриваются два вида ресурсов: финансовые затраты для перехода  $j$ -ой практики  $i$ -ой фокусной области на более высокий уровень возможности и время, связанное с овладением новыми навыками, инструментами и технологиями, которые используются при реализации ПР ПО. Первый критерий базируется на двух составляющих:

1) необходимые затраты на дополнительное техническое, информационное, программное и методическое обеспечение;

2) финансовые затраты на оплату труда сотрудников компании, которые овладевают новыми знаниями.

Обычно оплата труда базируется на затраченном времени и состоит из следующих трёх составляющих:

а) время на формулирование практики и её проработку;

б) необходимое время на обучение новой практике внутри компании;

в) время необходимое на контроль применения практики, преодоление сопротивления и притирку сотрудников.

Второй критерий фактически связан со второй составляющей первого критерия и определяется временем, которое необходимо потратить сотрудникам компании на освоение нового уровня возможности практик. Однако он имеет совершенно другой смысл. Дело в том, что это время приводит к отвлечению сотрудников компании от основного вида деятельности, связанного с разработкой ПО, а это может привести к напряженным графикам выполнения проектов, необходимости коррекции времени их выполнения и функциональности, многим другим негативным явлениям.

Первые две группы критериев противоречивы, так как чем больше вложено ресурсов, тем в большей степени могут быть достигнуты поставленные цели и наоборот. Как правило, ресурсов бывает недостаточно для реализации в полном объеме поставленных целей и возникает задача определения некоторого рационального (компромиссного) решения.

Перейдем к рассмотрению вопроса формирования частных критериев и соответствующих им функций полезности, которые связаны с ресурсным обеспечением. В п.3 были сформированы функции полезности на уровне отдельных фокусных областей. Поэтому стоит задача синтеза соответствующих им критериев функций полезности второй группы. Если значения критериев первой группы определяются только текущим состоянием ПР ПО, то для формирования критериев второй группы необходимо знание исходного состояния ПР ПО и нового. Таким образом, для определения конкретного значения (объема) необходимых ресурсов нужно знать два состояния  $i$ -ой фокусной области  $\{\bar{x}_{is}^j, j \in J_i^s, s \in S_i\}$  и  $\{x_{is}^j, j \in J_i^s, s \in S_i\}$ .

Для каждой  $j$ -ой практики  $i$ -ой фокусной области введём множество булевых переменных  $\{\lambda_{is}^j(v), v \in [\bar{x}_{is}^j, x_{is}^j]\}$  и соответствующие ему множества значений финансовых ресурсов ( $\tau=2$ ) и ресурсов времени ( $\tau=3$ )  $\{r_{is}^{\tau}(v), v \in [\bar{x}_{is}^j, x_{is}^j]\}, \tau=2,3$ , необходимых для перехода из некоторого фиксированного состояния  $\bar{x}_{is}^j$  в новое состояние  $j$ -ой практики  $x_{is}^j$  при условии  $\bar{x}_{is}^j \leq x_{is}^j \leq \bar{x}_{is}^j$ . При этом  $\lambda_{is}^j(v)$  равна единице в том случае, если уровень возможности  $j$ -ой практики принимает значение равное  $v$  и ноль в противном случае.

Если  $j$ -я практика не переходит на новый уровень возможности, то это означает, что  $v = \bar{x}_{is}^j$  и  $r_{is}^{\tau}(v) = 0, \tau=2,3$ .

На основе введенных обозначений необходимое ресурсное обеспечение для каждой практики при переходе на новый уровень возможности записывается следующим образом

$$\bar{R}_{is}^{\tau}(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \sum_{v=\bar{x}_{is}^j}^{x_{is}^j} r_{is}^{\tau}(v) \cdot \lambda_{is}^j(v), \tau=2,3, \sum_{v=\bar{x}_{is}^j}^{x_{is}^j} \lambda_{is}^j(v) = 1. \quad (8)$$

В результате при переходе  $i$ -ой фокусной области на более высокий уровень возможности тратятся ресурсы в следующих объемах

$$R_{it}(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \sum_{s \in S_i} \sum_{j \in J_i^s} \bar{R}_{is}^{\tau}(\{\lambda_{is}^j(v)\}), \tau=2,3. \quad (9)$$

Введем понятие функций полезности для второй группы критериев. В том случае, если значения всех практик  $i$ -ой фокусной области соответствуют целевому профайлу, то критерий  $Z_i$  имеет наилучшее значение равное  $Z_i^{HL}$  (рис. 1), а функция полезности  $P_{i,1}=1$  (максимальное значение). С другой стороны при  $Z_i = Z_i^{HL}$  с точки зрения ресурсов это наихудшая ситуация и  $R_{it} = R_{it}^{HX}$ , где  $R_{it}^{HX}, \tau=2,3$  – наихудшие (максимальные) значения, соответственно, двух видов ресурсов. В свою очередь, если  $Z_i = Z_i^{HL}$  это означает, что уровень возможности  $i$ -ой фокусной области остаётся прежним и ресурсы не вкладываются. Таким образом,  $R_{it} = R_{it}^{HL} = 0$ , где  $R_{it}^{HL}, \tau=2,3$  – наилучшие значения, соответственно, двух видов ресурсов.

По аналогии с первой группой критериев функции полезности для второй группы запишем в следующем виде

$$P_{it}(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \left( \frac{R_{it}(\{\lambda_{is}^j(v)\}) - R_{it}^{HX}}{R_{it}^{HL} - R_{it}^{HX}} \right)^{\alpha_{it}}, \tau=2,3, \quad (10)$$

где  $P_{i2}, P_{i3}$  – функции полезности, соответственно для первого и второго видов ресурсов. Параметры  $\{\alpha_{it}\}$  определяют вид зависимостей функций полезности. Это функции выпуклые вверх при условиях  $0 < \alpha_{it} < 1$ ; линейные при  $\alpha_{it} = 1$ ; выпуклые вниз при  $\alpha_{it} > 1$ .

## 6. Модели текущего планирования (статическая постановка задачи)

Перейдем к рассмотрению вопроса построения модели текущего планирования развития ПР ПО, которые соответствуют статической постановке задачи и рассматриваются на относительно не продолжительном периоде времени. В соответствии со структурой модели СММІ все фокусные области принадлежат определенным категориям, которые распределены по уровням зрелости ПР ПО. Поэтому логично в дальнейшем рассматривать функции полезности отдельных категорий модели СММІ, которые в дальнейшем будем называть целевыми функциями полезности.

Выделим группу функций полезности степени достижения поставленной цели и две подгруппы второй группы функций полезности: финансовые затраты, ресурсы времени. Функция полезности степени до-

стижения поставленной цели отдельной категории в пределах  $k$ -го уровня зрелости записывается следующим образом

$$Q_{k1}^1(\{x_{is}^j\}) = \sum_{i \in I_k^1} \gamma_{i1} P_{i1}(\{x_{is}^j\}), \sum_{i \in I_k^1} \gamma_{i1} = 1, l \in L_k, k \in K, \quad (11)$$

а функция полезности отдельной  $l$ -ой категории модели СММИ имеет вид

$$\hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\}) = \sum_{k \in K} \delta_{k1}^l Q_{k1}^1(\{x_{is}^j\}),$$

$$\sum_{k \in K} \delta_{k1}^l = 1, l \in L, L = \bigcap_{k \in K} L_k. \quad (12)$$

Перейдём к формированию двух подгрупп функций полезности ресурсного обеспечения. Функции полезности финансовых расходов  $Q_{k1}^1$  и ресурсов времени  $Q_{k2}^1$  в пределах  $l$ -ой категории  $k$ -го уровня зрелости записываются следующим образом

$$Q_{k\tau}^1(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \sum_{i \in I_k^1} \gamma_{i\tau} P_{i\tau}(\{\lambda_{is}^j(v)\}),$$

$$\sum_{i \in I_k^1} \gamma_{i\tau} = 1, l \in L_k, k \in K, \tau = 2, 3. \quad (13)$$

Функции полезности отдельной  $l$ -ой категории модели СММИ имеют вид

$$\hat{W}_\tau^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \sum_{k \in K} \delta_{k\tau}^l Q_{k\tau}^1(\{\lambda_{is}^j(v)\}),$$

$$\sum_{k \in K} \delta_{k\tau}^l = 1, l \in L_k, L = \bigcap_{k \in K} L_k, \tau = 2, 3. \quad (14)$$

Таким образом векторная целевая функция модели задачи планирования улучшения качества ПР ПО при статической постановке записывается следующим образом

$$\Phi(\{x_{is}^j\}, \{\lambda_{is}^j(v)\}) = \{\hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\}), W_2^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}), W_3^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}), l \in L\}. \quad (15)$$

Ограничения на переменные векторной целевой функции (16) можно разделить на три группы.

1. Ограничения, которые непосредственно накладываются на переменные целевой функции модели

$$x_{is}^j \in N, \lambda_{is}^j(v) \in \{0, 1\}, \quad (16)$$

$$\overset{=j}{x_{is}} \leq x_{is}^j \leq \overset{-j}{x_{is}}, \quad (17)$$

$$\sum_{v=x_{is}^j} \lambda_{is}^j(v) = 1, \quad (18)$$

где  $j \in J_i^s, s \in S_i, i \in I_k^l, l \in L_k, k \in K, N$  – множество целых положительных чисел, которое включает ноль.

2. Ограничения связывающие дискретные целочисленные переменные  $\{x_{is}^j\}$  и булевы переменные  $\{\lambda_{is}^j(v)\}$

$$x_{is}^j = \sum_{v=x_{is}^j}^{\overset{-j}{x_{is}}} (v \cdot \lambda_{is}^j(v)), \quad (19)$$

$$j \in J_i^s, s \in S_i, i \in I_k^l, l \in L_k, k \in K. \quad (20)$$

3. Ограничения на финансовые ресурсы.

$$\sum_{k \in K} \sum_{l \in L_k} \sum_{i \in I_k^l} R_{i2}(\{\lambda_{is}^j(v)\}) \leq R, \quad (21)$$

где  $R$  – финансовые ресурсы, выделенные на рассматриваемом первом подпериоде планирования.

Исходя из условий (16) рассматриваемая задача многокритериальной оптимизации представлена моделью с дискретными целочисленными и булевыми переменными. При этом все ограничения (16)–(21) являются линейными. Кроме этого при статической постановке задачи можно считать, что частные критерии  $\{Z_i\}$  изменяются не на всем интервале  $[0, 3]$ , а

значит вид частных функций полезности  $\{P_{i1}(Z_i, \{x_{is}^j\})\}$

может соответствовать одному из вариантов в формуле (7). Это означает, что они могут быть выпуклыми вверх, линейными, выпуклыми вниз. В свою очередь таким свойством будут обладать и целевые функции

полезности  $\{\hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\})\}$  в том случае, если все  $P_{i1}(\{x_{is}^j\})$

имеют одинаковый вид. В противном случае о целевых

функциях  $\{\hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\})\}$  можно сказать только то, что

они являются нелинейными. Исходя из построения,

целевые функции полезности  $\{W_\tau^l(\{\lambda_{is}^j(v)\})\}$  обладают

теми же свойствами, что и  $\{\hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\})\}$ .

Задача многокритериальной оптимизации (15)–(21) с учетом условий, которые накладываются на весовые коэффициенты важности, в зависимости от цели ЛППР может иметь различные постановки, а значит и различные варианты решения. В работе предлагается рассматривать три постановки наиболее актуальные для практического использования.

1. Необходимо найти компромиссное решение относительно различных категорий модели СММИ и двух групп функций полезности. Первая группа это

$\{\hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\})\}$  и вторая группа

$$\hat{W}_2^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \mu_2^l \cdot W_2^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}) + \mu_3^l \cdot W_3^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}), \mu_2^l + \mu_3^l = 1, l \in L, \quad (22)$$

где  $\{\mu_2^l\}, \{\mu_3^l\}$  – весовые коэффициенты важности отдельных целевых функций полезности второй группы.

Оптимальное решение для каждой целевой функции полезности соответствует единице. Под компромиссом понимается одинаковое отклонение от оптимального значения всех целевых функций полезности

с учетом весовых коэффициентов их важности. Поэтому в этом случае решается задача.

$$K_0 \rightarrow \max_{\{x_{is}^j\}, \{\lambda_{is}^j(v)\}} \quad (23)$$

при условиях

$$\hat{\rho}_1^l \cdot \hat{W}_1^l(\{x_{is}^j\}) = \hat{\rho}_2^l \cdot \hat{W}_2^l(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = K_0, l \in L, \sum_{l=1}^2 \sum_{i \in L} \hat{\rho}_i^l = 1 \quad (24)$$

и ограничениях (15)–(21).

2. Найти компромиссное решение относительно интегральных целевых функций полезности двух групп критериев

$$\bar{V}_1(\{x_{is}^j\}) = \sum_{i \in L} \eta_i^1 \cdot \hat{W}_1^1(\{x_{is}^j\}), \sum_{i \in L} \eta_i^1 = 1, \quad (25)$$

$$\bar{V}_2(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = \sum_{i \in L} \eta_i^2 \cdot \hat{W}_2^1(\{\lambda_{is}^j(v)\}), \sum_{i \in L} \eta_i^2 = 1. \quad (26)$$

В результате стоит задача

$$K_0 \rightarrow \max_{\{x_{is}^j\}, \{\lambda_{is}^j(v)\}} \quad (27)$$

при условиях

$$\bar{\rho}_1 \cdot \bar{V}_1(\{x_{is}^j\}) = \bar{\rho}_2 \cdot \bar{V}_2(\{\lambda_{is}^j(v)\}) = K_0, \quad (28)$$

$$\bar{\rho}_1 + \bar{\rho}_2 = 1 \quad (29)$$

и ограничениях (15)–(21).

3. Найти оптимальное значение обобщенной целевой функции полезности, которая включает интегральные целевые функции полезности двух групп критериев модели СММИ с их весовыми коэффициентами  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . В этом случае решается задача

$$V(\{x_{is}^j\}, \{\lambda_{is}^j(v)\}) = \left[ \bar{\rho}_1 \cdot \bar{V}_1(\{x_{is}^j\}) + \bar{\rho}_2 \cdot \bar{V}_2(\{\lambda_{is}^j(v)\}) \right] \rightarrow \max_{\{x_{is}^j\}, \{\lambda_{is}^j(v)\}} \quad (30)$$

при условии (29) и ограничениях (15)–(21).

## 7. Выводы

Впервые задача улучшения качества ПР ПО представлена в виде проблемы скользящего планирования, которое предполагает синтез статических и динамических моделей (моделей текущего и перспективного планирования). На основании проведенного анализа существующих подходов вербального описания моделей улучшения качества ПР ПО, в качестве методологии формирования математической модели была выбрана модель зрелости. Проведен синтез функции полезности частных критериев степени достижения целевого профайла и критериев, связанных с ресурсным обеспечением. В работе рассмотрено построение различных вариантов статической задачи многокритериальной оптимизации в зависимости от целей, которые ставятся лицом принимающим решение. Разработанные модели являются задачами математического программирования с целочисленными и булевыми переменными.

Целью дальнейших исследований является синтез динамической модели улучшения качества ПР ПО на основе использования теории полезности в задачах принятия решений, а также проверка работоспособности разработанных моделей на реальной информации. В качестве исследования статических и динамической моделей предполагается рассмотреть: различный вид функции полезности; различные модели статической задачи; методологию коллективного экспертного оценивания для определения весовых коэффициентов важности целевых функций моделей.

## Литература

1. Persse, J. R. Process Improvement Essentials [Text] / J. R. Persse. – O'Reilly, 2006. – 352 p.
2. Poulin, L. A. Reducing risk with software process improvement [Text] / L. A. Poulin. – Auerbach Pubs, 2005. – 288 p. doi: 10.1201/9781420031126
3. Mutafelija, B. Process improvement with CMMI v1.2 and ISO standards [Text] / B. Mutafelija. – Auerbach Pubs, 2009. – 406 p.
4. Martins, P. V. ProPAM: SPI based on Process and Project Alignment [Text] / P. V. Martins, A. R. Silva // IRMA Internacional Conference, 2007. – P. 124–143.
5. Steenbergen, M. The Design of Focus Area Maturity Models [Text] / M. Steenbergen, R. Bos, S. Brinkkemper, I. van de Weerd, W. Bekkers // 5th SIKS/BENAIIS Conference on Enterprise Information Systems, 2010. – P. 317–332. doi: 10.1007/978-3-642-13335-0\_22
6. Maier, A. M. Developing maturity grids for assessing organisational capabilities: Practitioner guidance [Text] / A. M. Maier, J. Moultrie, P. J. Clarkson // 4th International Conference on Management Consulting, Academy of Management (MCD'09), 2009. – P. 116–127.
7. Годлевский, М. Д. Принципы моделирования оценки и управления качеством процесса разработки программного обеспечения [Текст] / М. Д. Годлевский, В. А. Шеховцов, И. Л. Брагинский // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 5, № 3 (59). – С. 45–49. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/4512/4195>
8. Годлевский, М. Д. Динамическая модель и алгоритм управления качеством процесса разработки программных систем на основе модели зрелости [Текст] / М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский. – Проблемы информационных технологий. – Херсон : ОЛДИ-Плюс, 2012. – С. 6–13.
9. Годлевский, М. Д. Информационная технология управления качеством процесса разработки программного обеспечения [Текст] / М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 2, № 9 (62). – С. 63–67. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/12448/10347>

10. Chrissis, M. B. CMMI: Guidelines for Process Integration and Product Improvement [Text] / M. B. Chrissis, M. Konrad, S. Shrum. – Addison-Wesley, 2003. – 688 p.
11. Ahern, D. M. CMMI Distilled: A Practical Introduction to Integrated Process Improvement, Third Edition [Text] / D. M. Ahern, A. Clouse, R. Turner. – Addison-Wesley, 2008. – 288 p.
12. Овезгельдыев, А. О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / А. О. Овезгельдыев, Э. Г. Петров, К. Э. Петров. – К. : Наукова думка, 2002. – 163 с.
13. Саркисян, С. А. Большие технические системы. Анализ и прогноз развития [Текст] / С. А. Саркисян, В. М. Ахундов, Э. С. Минаев. – М. : Наука, 1977. – 350 с.

*Розглядаються особливості застосування інформаційних технологій в процесі пренатального консультування та диспансерного ведення вагітних. Виконано системний аналіз проблеми. Здійснено декомпозицію процесу надання медичних консультацій на окремі підзадачі. Показано, що дані задачі можна віднести до задач прогнозування, класифікації об'єктів, ідентифікації невідомих залежностей. Побудовано математичні моделі та визначено спектр математичних методів їх розв'язання*

*Ключові слова: інформаційні технології, системний підхід, пренатальне консультування, прогнозування, кластеризація, ідентифікація, нечіткість*

*Рассматриваются особенности применения информационных технологий в процессе пренатального консультирования и диспансерного ведения беременных. Выполнен системный анализ проблемы. Осуществлена декомпозиция процесса оказания медицинских консультаций на отдельные подзадачи. Показано, что эти задачи можно отнести к задачам прогнозирования, классификации объектов, идентификации неизвестных зависимостей. Построены математические модели и определен спектр математических методов их решения*

*Ключевые слова: информационные технологии, системный подход, пренатальное консультирование, прогнозирование, кластеризация, идентификация, нечеткость*

УДК 004.9:618

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.42823

# ПРИНЦИПИ І ЗАДАЧІ ІНФОРМАЦІЙНО- АНАЛІТИЧНОГО СУПРОВОДУ ПРОЦЕСІВ ПРЕНАТАЛЬНОГО КОНСУЛЬТУВАННЯ

**О. Ю. Мулеса**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра кібернетики і прикладної математики\*  
E-mail: mulesa.oksana@gmail.com

**В. Є. Снитюк**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
Київський національний  
університет ім. Тараса Шевченка  
вул. Ломоносова, 81, м. Київ, Україна, 03022  
E-mail: snytyuk@gmail.com

**С. О. Герзанич**

Доктор медичних наук, доцент, професор  
Кафедра акушерства та гінекології  
Державний вищий навчальний заклад  
"Ужгородський національний університет"  
пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000  
E-mail: gerzanich@ua.fm

## 1. Вступ

Проблема створення та застосування інформаційних технологій (ІТ) у різних сферах людської життєдіяльності є предметом численних досліджень сучасності. Розробка та впровадження таких технологій мають на меті підвищення ефективності процесів прийняття рішень при вирішенні складних науково-практичних проблем. Задачі, які виникають при цьому, як правило, є слабо структурованими або неструктурованими, а їх розв'язання вимагає від дослідника вмілого по-

єднання моделей і методів, які відносяться до різних предметних областей.

У дослідженні розглядається доцільність та особливості застосування ІТ при медичному супроводі вагітних. Система пренатального консультування та диспансерного ведення вагітних характеризується складною структурою [1], яка породжена багатоетапним, тривалим процесом прийняття рішень, обов'язковим врахуванням значної кількості факторів, застосуванням лікарями як розроблених клінічних протоколів, так і власного досвіду, роботою в умовах