

**Селютин А.Д., Большелапов М.А., Зайцев Е.П.**

**Моделирование системы повышения качества программного обеспечения с использованием модели ISO 9126**

Научный руководитель: Кушникова Е.В.

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, cool.selutin99@yandex.ru*

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, mihan3110@yandex.ru*

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, goga200398@gmail.com*

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, iptmuran@san.ru*

**Аннотация:** Рассмотрен способ повышения качества разработки и сопровождения программного обеспечения в условиях постоянных изменений. Исследуются взаимосвязи параметров согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-2001.

**Ключевые слова:** ISO 9126, дифференциальные уравнения, закон всеобщей связи явлений, качество разработки ПО, граф причинно-следственных связей

**Selyutin A.D., Bolshelapov M. A., Zaitsev E. P., Kushnikova E.V.**

**Modeling of a software quality improvement system using the ISO 9126 model**

*Saratov State Technical University, Russia, Saratov, cool.selutin99@yandex.ru*

*Saratov State Technical University, Russia, Saratov, mihan3110@yandex.ru*

*Saratov State Technical University, Russia, Saratov, goga200398@gmail.com*

*Saratov State Technical University, Russia, Saratov, iptmuran@san.ru*

**Abstract:** The article describes a way to improve the quality of software development and maintenance in conditions of constant changes. The interrelationships of parameters according to ISO 9126 are investigated.

**Keywords:** ISO 9126, differential equations, the law of universal connection of phenomena, the quality of software development, the graph of causal relationships

## Введение

В наше время проблема качества разработки программного обеспечения определяет вектор успешности и прибыльности систем, на которых это программное обеспечение будет выполняться. Необходимо обеспечивать постоянную и бесперебойную работу информационных систем, которые охватывают разные предметные области. Небольшие ошибки в работе производственного программного обеспечения могут вести за собой убытки. Поэтому при разработке информационных систем, которые используют популярные, на данный момент, технологии, нужно учитывать множество факторов.

Способы оценки надежности и качества сложных программных систем исследуются в работах Жарко Е.Ф., Антонова А.В. и других авторов [1]. При этом используется системно-динамический подход, применение которого для различных предметных областей рассмотрено в [2-7]. На основе существующих исследований планируется создать математическую модель для представления и прогнозирования результатов качества разработки программного обеспечения.

При разработке программных систем параметрами качества является огромное количество внешних факторов. При этом согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-2001 выделяются такие переменные как:

- $L_1(t)$  - надежность (reliability);
- $L_2(t)$  - практичность (usability);
- $L_3(t)$  - эффективность (efficiency);
- $L_4(t)$  - сопровождаемость (faintainability);
- $L_5(t)$  - защищенность (security);
- $L_6(t)$  - согласованность системы в целом (cofpliance);
- $L_7(t)$  - завершенность (faturity);

- $L_8(t)$  - анализируемость (analysability);
- $L_9(t)$  - изменяемость (changeability);
- $L_{10}(t)$  - стабильность (stability);
- $L_{11}(t)$  - тестируемость (testability);
- $L_{12}(t)$  - простота установки (installability);
- $L_{13}(t)$  - устойчивость к ошибкам (faulttolerance);
- $L_{14}(t)$  - восстанавливаемость (recoverability);
- $L_{15}(t)$  - понятность (understandability).

Результаты комплекса мероприятий, необходимых для поддержания требуемого уровня качества у программного обеспечения интеллектуальных систем, показывают, что в качестве возмущений (внешних факторов) в модели целесообразно использовать следующие показатели:

- $q_1(t)$  - опыт разработчиков программного комплекса;
- $q_2(t)$  - опыт работы эксплуатационного персонала;
- $q_3(t)$  - трудоемкость разработки программного обеспечения;
- $q_4(t)$  - курс рубля по отношению к доллару и евро, соответственно;
- $q_5(t)$  - деловая репутация организации, в которой осуществляется эксплуатация программного комплекса.

На данный момент отсутствует математическое обеспечение, позволяющее учесть линейные, нелинейные обратные связи между основными показателями качества программ, определенных по ГОСТР ИСО/МЭК 9126-2001. В связи с этим, целью работы является разработка математической модели и программного обеспечения, позволяющего в режиме реального времени оценить взаимное влияние показателей качества сложных программных комплексов и изменить их при необходимости.

### Граф причинно-следственных связей

Граф причинно-следственных связей между моделируемыми переменными  $L_i(t), i = \overline{1,15}$  и факторами внешней среды  $q_i(t), i = \overline{1,5}$  формируется с разбиением на отдельные подграфы  $G_{m_i}, i = \overline{1,15}$ , каждый из которых используется при формировании соответствующего нелинейного дифференциального уравнения.

Матрица инцидентностей графа представляет собой матрицу  $A(|L + q|)$  размером 15 x 20 по числу моделируемых переменных  $L_i(t), i = \overline{1,15}$  и возмущений  $q_i(t), i = \overline{1,5}$ .

Значения элементов этой матрицы определяются следующими выражениями:

1.  $\forall i \leq 20, \forall j \leq 20 a_{ij} = +1$ , если увеличение значения переменной  $L_i(t), i = \overline{1,15}$  или фактора внешней среды  $q_i(t), i = \overline{1,5}$  приводит к увеличению переменной  $L_i(t), i = \overline{1,15}$  или фактора внешней среды  $q_i(t), i = \overline{1,5}$ .
2.  $\forall i \leq 20, \forall j \leq 20 a_{ij} = -1$ , если увеличение значения переменной  $L_i(t), i = \overline{1,15}$  или фактора внешней среды  $q_i(t), i = \overline{1,5}$  приводит к уменьшению переменной  $L_i(t), i = \overline{1,15}$  или фактора внешней среды  $q_i(t), i = \overline{1,5}$ .
3. При отсутствии связи между указанными переменными и факторами  $a_{ij} = 0$ .

Значения элементов таблицы выбраны в соответствии с мнением экспертов о релевантности причинно-следственных связей, влияющих на моделируемую переменную. Эти значения могут быть изменены при внедрении разрабатываемого математического обеспечения для требуемого уровня качества программного обеспечения интеллектуальных систем на конкретном предприятии.

Связи графа (подграфы) причинно-следственных связей, определяющие взаимосвязи между переменными формируемой системы, приведены в таблице 1. По горизонтали указаны исследуемые переменные, по вертикали зависимости ранее описанных переменных от других.

Таблица 1. Матрица графа причинно-следственных связей, определяющий зависимости, влияющие на исследуемые показатели  $L_i(t)$ 

	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>	<b>L6</b>	<b>L7</b>	<b>L8</b>	<b>L9</b>	<b>L10</b>	<b>L11</b>	<b>L12</b>	<b>L13</b>	<b>L14</b>	<b>L15</b>
<b>L1</b>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
<b>L2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>L3</b>	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1
<b>L4</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	0	1	1	1	0	1
<b>L5</b>	1	0	1	1	0	0	0	-1	-1	0	-1	0	1	0	0
<b>L6</b>	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
<b>L7</b>	1	0	1	1	1	1	0	1	-1	0	-1	0	0	1	0
<b>L8</b>	0	0	0	1	1	1	0	0	-1	0	1	0	0	0	1
<b>L9</b>	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	0	1
<b>L10</b>	1	0	1	1	1	0	0	0	-1	0	1	0	1	1	0
<b>L11</b>	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
<b>L12</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>L13</b>	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
<b>L14</b>	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
<b>L15</b>	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>q1</b>	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
<b>q2</b>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
<b>q3</b>	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	-1
<b>q4</b>	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	-1	0	0
<b>q5</b>	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	1

## **Обоснование причинно-следственных связей между переменными**

Прежде чем перейти к обоснованию наличия или отсутствия причинно-следственных связей между переменными модели необходимо отметить, что ниже будут рассматриваться только релевантные с точки зрения разработчика ПО связи, т.к. в силу закона всеобщей связи явлений на качество программного обеспечения влияет огромное количество событий реального мира. Таким образом, учитываемые ниже связи представляют собой лишь сравнительно небольшое по мощности подмножество множества всех связей, выбранное в соответствии с предпочтениями исследователя.

Для переменных между которыми выполняется отношение «зависит-от» введем обозначение:  $L_i(t)RL_j(t)$ .

### ***$L_1(t)$ - Надежность***

Под надежностью  $L_1(t)$  понимают способность программного продукта безотказно выполнять определенные функции при заданных условиях в течение заданного периода времени с достаточно большой вероятностью.

На надежность программного обеспечения ( $L_1(t)$ ) влияют такие переменные как:

- Защищенность программного обеспечения (переменная  $L_5(t)$ ), так как надежность ПО невозможно обеспечить без достаточного уровня защищенности системы при возможных информационных атаках на последнюю. Справедливо отношение  $L_1(t)RL_5(t)$ ;
- Согласованность системы в целом ( $L_6(t)$ ), так как при некорректной работе взаимосвязанных модулей невозможно будет обеспечивать выполнение функций с достаточной точностью. Справедливо отношение  $L_1(t)RL_6(t)$ ;

- Завершенность ПО ( $L_7(t)$ ) позволяет обеспечивать надежность системы, так как весь функционал разрабатываемого ПО будет реализован и проверен;
- Стабильность программного обеспечения ( $L_{10}(t)$ ) напрямую связана с надежностью, так как функции должны выполняться точно при разных нагрузочных данных. Выполняется отношение  $L_1(t)RL_{10}(t)$ ;
- Устойчивость системы к ошибкам ( $L_{13}(t)$ ), как и стабильность, непосредственно связаны с надежностью системы. Для данной зависимости справедливо  $L_1(t)RL_{13}(t)$ ;
- Восстанавливаемость системы ( $L_{14}(t)$ ), связана с надежностью системы, поскольку возможность системы работать корректно после сбоя влияет на выполнение функций системы. Для данной зависимости справедливо отношение  $L_1(t)RL_{14}(t)$ .

Остальные обоснования выводятся аналогичными рассуждениями.

### **Формирование системы дифференциальных уравнений**

При формировании дифференциальных уравнений системной динамики, описывающих изменение моделируемых переменных первоначально строится граф причинно-следственных связей, каждой вершине которого ставятся в соответствие дифференциальные уравнения в виде выражений

$$\frac{dL_i(t)}{dt} = f_i(\vec{L}, \vec{q}, t), i = \overline{1, n} \quad (I)$$

Рассмотрим процедуру формирования уравнений системной динамики, характеризующих качество программного обеспечения.



Дифференциальное уравнение, характеризующее изменение уровня исследуемых показателей как строки матрицы графа причинно-следственных связей  $A(|L + q|)$  в общем виде будет иметь форму:

$$\frac{dL_i(t)}{dt} = \frac{1}{L_i^*} (B_i(t) - D_i(t)), \quad (2)$$

где  $B_i(t)$  – результат произведения факторов, влияющих на темп увеличения исследуемой переменной, а  $D_i(t)$  – результат произведения факторов, влияющих на темп уменьшения исследуемой переменной.

Нормировка выполняется с помощью множителя  $1/L_i^*$ , где  $L_i^*$  максимальное значение уровня функциональных возможностей рассматриваемого программного обеспечения в выбранной числовой шкале измерений.

На рисунке 1 приведено изображение соответствующего подграфа, характеризующее причинно-следственные связи, влияющие на величину переменной  $L_1$ .

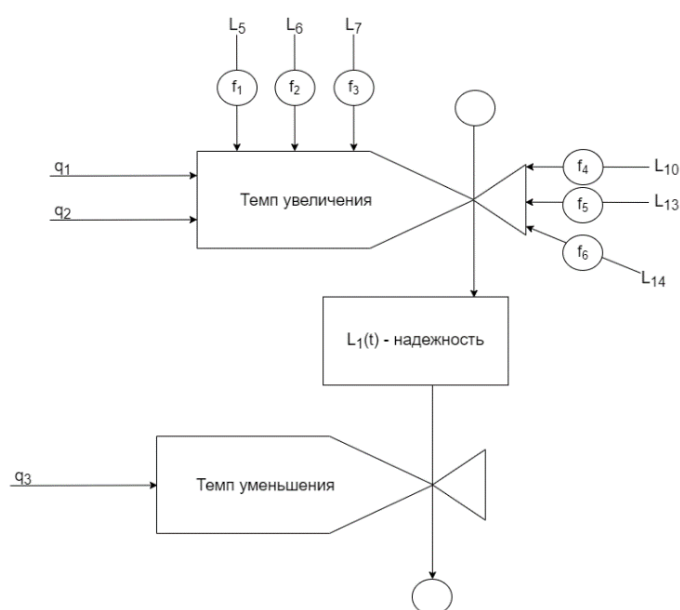


Рисунок 1 – Причинно-следственные связи для переменной  $L_1$  - надежность ПО

Ниже представлено описание дифференциального уравнения для переменной  $L_1$  на основе вышепредставленного подграфа:

$$\frac{dL_1(t)}{dt} = \frac{1}{L_1^*} ((f_1(L_5(t)) \cdot f_2(L_6(t)) \cdot f_3(L_7(t)) \cdot f_4(L_{10}(t)) \cdot f_5(L_{13}(t)) \cdot f_6(L_{14}(t))) \cdot (q_1(t) + q_2(t)) - (q_3(t))). \quad (3)$$

Остальные дифференциальные уравнения и подграфы выводятся аналогично.

### Решение системы дифференциальных уравнений

Для системы дифференциальных уравнений исследуемых показателей был реализован функционал:

- Решения системы дифференциальных уравнений;
- Построения графика зависимости переменных  $L$  от времени  $t$ ;
- Построения нескольких лепестковых диаграмм со значениями параметров качества в разные промежутки времени  $t$ .

Функции возмущения представляют из себя ступенчатые и периодические функции. Далее представлено описание функций возмущения:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0.2 \\ 0.3, & \text{при } t > 0.2 \\ 0.4, & \text{при } t > 0.5 \end{cases} \\ q_2(t) = 0.15 * \cos(t) \\ q_3(t) = 0.15 * \sin(t) \\ q_4(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0.6 \\ 0.3, & \text{при } t > 0.6 \\ 0.4, & \text{при } t > 0.8 \end{cases} \\ q_5(t) = 0.25 * \sin(t) \end{array} \right. \quad (4)$$

Значения исследуемых переменных должны находиться в диапазоне от 0 до 1. Если это условие будет выполняться, тогда будет обеспечиваться должное качество разработки программного обеспечения. В противном случае, качество разрабатываемой программной системы будет находиться на низком уровне.

При начальных значениях  $L_i = [0.7; 0.4; 0.7; 0.7; 0.9; 0.9; 0.8; 0.6; 0.6; 0.9; 0.4; 0.9; 0.7; 0.8; 0.3]$ , где каждый элемент массива представляет из себя показатель качества, описываемый выше, получим график зависимости значений  $L$  от  $t$  на рисунке 2.

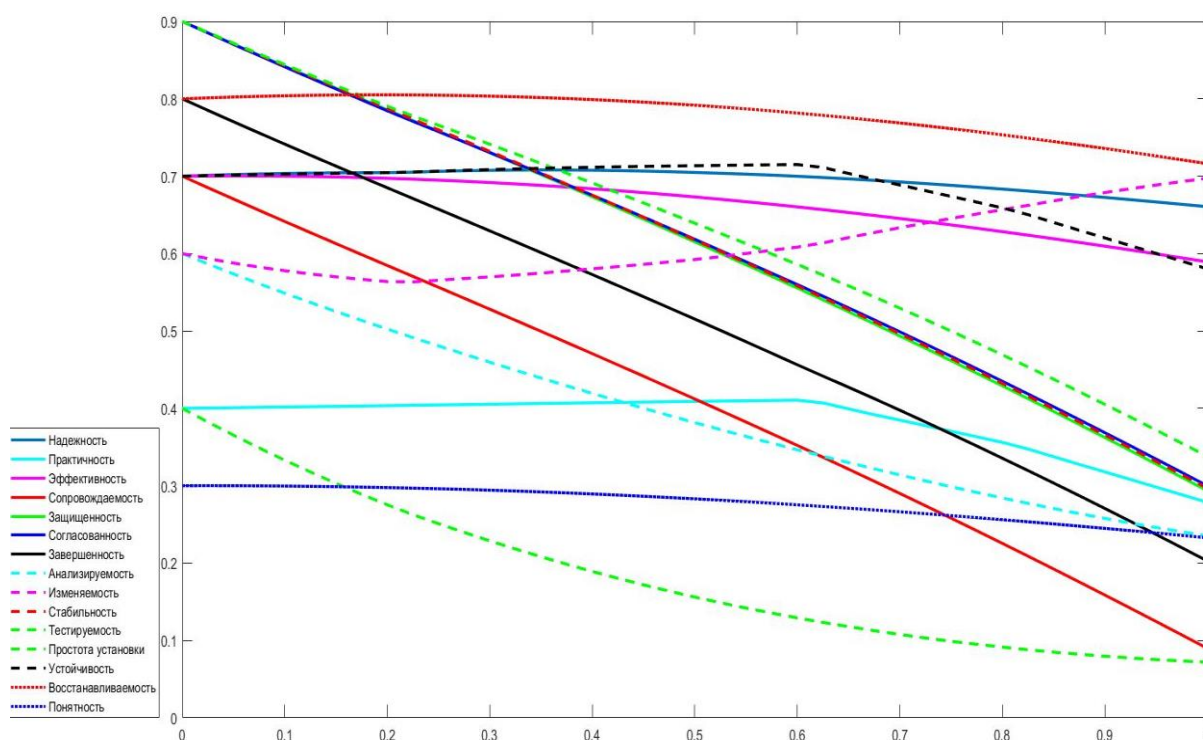


Рисунок 2 – График зависимости переменных  $L_i$  от  $t$ , первая ситуация

Для описанного выше вектора начальных значений, получаем прогнозируемые величины качества ПО на интервале  $t$  от 0 до 1. Все значения исследуемых переменных находятся в допустимом диапазоне  $[0, 1]$ .

В таблице 2 представлены лепестковые диаграммы, которые показывают значения всех показателей качества в разные промежутки времени  $t$ .

Таблица 2. Значения показателей качества в разное время  $t$  для первой ситуации

Момент времени $t$	Лепестковая диаграмма																										
0	<p><b>t=0</b></p> <table border="1"> <caption>Estimated data for t=0</caption> <thead> <tr> <th>Показатель</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Надежность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Практичность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Эффективность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Сопровождаемость</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Защищенность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Согласованность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Завершенность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Анализируемость</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Изменяемость</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Стабильность</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Тестируемость</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Простота установки</td><td>0.4</td></tr> </tbody> </table>	Показатель	Значение	Надежность	0.4	Практичность	0.4	Эффективность	0.4	Сопровождаемость	0.4	Защищенность	0.4	Согласованность	0.4	Завершенность	0.4	Анализируемость	0.4	Изменяемость	0.4	Стабильность	0.4	Тестируемость	0.4	Простота установки	0.4
Показатель	Значение																										
Надежность	0.4																										
Практичность	0.4																										
Эффективность	0.4																										
Сопровождаемость	0.4																										
Защищенность	0.4																										
Согласованность	0.4																										
Завершенность	0.4																										
Анализируемость	0.4																										
Изменяемость	0.4																										
Стабильность	0.4																										
Тестируемость	0.4																										
Простота установки	0.4																										
0.5	<p><b>t=0.5</b></p> <table border="1"> <caption>Estimated data for t=0.5</caption> <thead> <tr> <th>Показатель</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Надежность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Практичность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Эффективность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Сопровождаемость</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Защищенность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Согласованность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Завершенность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Анализируемость</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Изменяемость</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Стабильность</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Тестируемость</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Простота установки</td><td>0.6</td></tr> </tbody> </table>	Показатель	Значение	Надежность	0.6	Практичность	0.6	Эффективность	0.6	Сопровождаемость	0.6	Защищенность	0.6	Согласованность	0.6	Завершенность	0.6	Анализируемость	0.6	Изменяемость	0.6	Стабильность	0.6	Тестируемость	0.6	Простота установки	0.6
Показатель	Значение																										
Надежность	0.6																										
Практичность	0.6																										
Эффективность	0.6																										
Сопровождаемость	0.6																										
Защищенность	0.6																										
Согласованность	0.6																										
Завершенность	0.6																										
Анализируемость	0.6																										
Изменяемость	0.6																										
Стабильность	0.6																										
Тестируемость	0.6																										
Простота установки	0.6																										
1	<p><b>t=1.0</b></p> <table border="1"> <caption>Estimated data for t=1.0</caption> <thead> <tr> <th>Показатель</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Надежность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Практичность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Эффективность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Сопровождаемость</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Защищенность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Согласованность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Завершенность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Анализируемость</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Изменяемость</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Стабильность</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Тестируемость</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Простота установки</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Показатель	Значение	Надежность	0.8	Практичность	0.8	Эффективность	0.8	Сопровождаемость	0.8	Защищенность	0.8	Согласованность	0.8	Завершенность	0.8	Анализируемость	0.8	Изменяемость	0.8	Стабильность	0.8	Тестируемость	0.8	Простота установки	0.8
Показатель	Значение																										
Надежность	0.8																										
Практичность	0.8																										
Эффективность	0.8																										
Сопровождаемость	0.8																										
Защищенность	0.8																										
Согласованность	0.8																										
Завершенность	0.8																										
Анализируемость	0.8																										
Изменяемость	0.8																										
Стабильность	0.8																										
Тестируемость	0.8																										
Простота установки	0.8																										

Показатели переменных качества активно изменяются со временем, но не выходят за границы допустимого диапазона, следовательно, при разработке программного обеспечения будет сохраняться надлежащий уровень качества со временем.

Рассмотрим другой сценарий развития ситуации, влияющей на основные показатели качества программного обеспечения. При начальных значениях  $L_i = [0.2; 0.1; 0.4; 0.5; 0.4; 0.35; 0.45; 0.25; 0.32; 0.21; 0.1; 0.2; 0.3; 0.1; 0.1]$  получим график зависимостей, который приведен на рисунке 3.

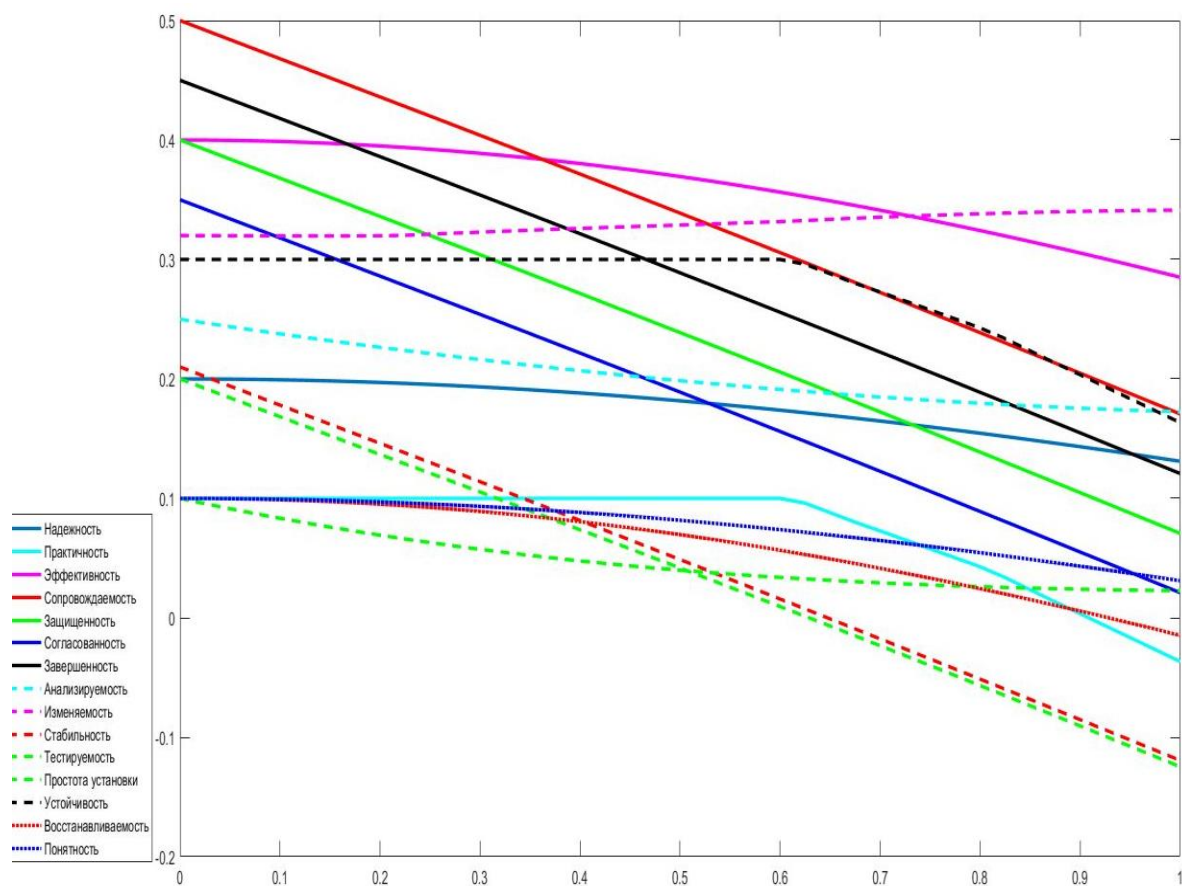


Рисунок 3 – График зависимости переменных  $L_i$  от  $t$ ,  
вторая ситуация (неоптимальная)

Для входного вектора значений не находится оптимального решения системы дифференциальных уравнений, то есть показатели качества выходят за рамки диапазона  $[0, 1]$  и большинство показателей стремится к 0.

Ниже в таблице 3 представлены лепестковые диаграммы, которые показывают значения всех показателей качества в разные промежутки времени  $t$  для заданного неоптимального вектора начальных значений.

Таблица 3. Значения показателей качества в разное время  $t$  для второй неоптимальной ситуации

Момент времени $t$	Лепестковая диаграмма
0	<p><b>t=0</b></p>
0.5	<p><b>t=0.5</b></p>
1	<p><b>t=1</b></p>

Как представлено на диаграммах выше, значения переменных качества резко изменяются на интервале времени и выходят за границы допустимого диапазона. Таким образом, при разработке программной системы не будет обеспечиваться необходимый уровень качества.

### **Заключение**

В рамках данной статьи была разработана математическая модель, прогнозирующая показатели качества разработки программного обеспечения по ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-2001 на основе 15-элементного сечения для стратегии повышения эффективности создания программных систем.

Анализ проводился с помощью графа состояний, на основе которого была получена и решена система дифференциальных уравнений. В результате решения системы было исследовано влияние интенсивностей показателей качества на эффективность всей проектируемой системы.

### **Литература**

1. Антонов А.В., Жарко Е.Ф., Промыслов В.Г. Проблемы оценки надежности и качества программного обеспечения в автоматизированных системах управления технологическими процессами // Надежность. 2015. N 4 (55). С. [http://dependability.ru/news/anons\\_4\\_55/2015-12-04-21](http://dependability.ru/news/anons_4_55/2015-12-04-21).
2. Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Шлычков Е.И., Бойкова О.М. Модели и алгоритмы постановки задач разработки АСУ промышленными объектами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 9. С. 64-68.
3. Аветисян Ю.А., Кушников В.А., Резчиков А.Ф., Родичев В.А. Математические модели и алгоритмы оперативного управления

процессами ликвидации чрезвычайных ситуаций // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 11. С. 43-47.

4. Кушников В.А., Яндыбаева Н.В. Модель форрестера в управлении качеством образовательного процесса вуза // Прикладная информатика. 2011. № 3 (33). С. 65-73.

5. Пшеничников И.С., Кушников В.А., Шлычков Е.И., Резчиков Д.Ф. Анализ выполнимости планов мероприятий в системе автоматизированного управления мостостроительной организацией // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 11. С. 45-49.

6. Саютин А.В., Кушников В.А. Особенности применения метода анализа главных компонент для обеспечения эффективной работы энергосбытовой организации // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. Т. 1. № 1 (37). С. 99-104.

7. Яндыбаева Н.В., Кушников В.А. Оценка качества образовательного процесса в вузе на основе модели форрестера // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 2. № 1 (55). С. 176-181.

### **Сведения об авторах**

**Научный руководитель: Кушникова Елена Вадимовна**

кандидат технических наук, доцент

Институт прикладных информационных технологий и коммуникаций

Саратовский Государственный Технический Университет им. Гагарина Ю.А.,

г.Саратов

E-mail:[iptmuran@san.ru](mailto:iptmuran@san.ru)

**Селютин Александр Дмитриевич**

студент Института прикладных информационных технологий и коммуникаций

Саратовский Государственный Технический Университет им. Гагарина Ю.А.,

г. Саратов

E-mail:[cool.selutin99@yandex.ru](mailto:cool.selutin99@yandex.ru)

**Большеланов Михаил Александрович**

студент Института прикладных информационных технологий и коммуникаций



*Саратовский Государственный Технический Университет им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов  
E-mail: [mihan3110@yandex.ru](mailto:mihan3110@yandex.ru)*

***Зайцев Егор Павлович***

*студент Института прикладных информационных технологий и коммуникаций  
Саратовский Государственный Технический Университет им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов  
E-mail: [goga200398@gmail.com](mailto:goga200398@gmail.com)*

***Scientific adviser: Kushnikova Elena Vadimovna***

*candidate of Technical Sciences, associate professor  
Saratov State Technical University, Saratov*

***Selyutin Alexander Dmitrievich***

*student of Institute information technology and communications  
Saratov State Technical University, Saratov*

***Bolshelapov Mikhail Alexandrovich***

*student of Institute information technology and communications  
Saratov State Technical University, Saratov*

***Zaitsev Yegor Pavlovich***

*student of Institute information technology and communications  
Saratov State Technical University, Saratov*