

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю. А.**

***Институт прикладных информационных
технологий и коммуникаций***

**Отчет по практической работе №2
«Системы уравнений»**

по курсу «Организация, управление, планирование
и прогнозирование научных исследований»

Выполнили студенты группы МИФСТ-11:

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

Проверил: Кушников В.А.

Саратов 2021

Моделируемые переменные и возмущения

Исследуемые показатели

На основе выбранных ранее 15 параметрах из ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-2001, таких 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).

Будет производиться построение системы зависимостей.

Возмущения

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.

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 15×20 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 $a_{ij} = 0$.

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.

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.

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

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

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

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

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:

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

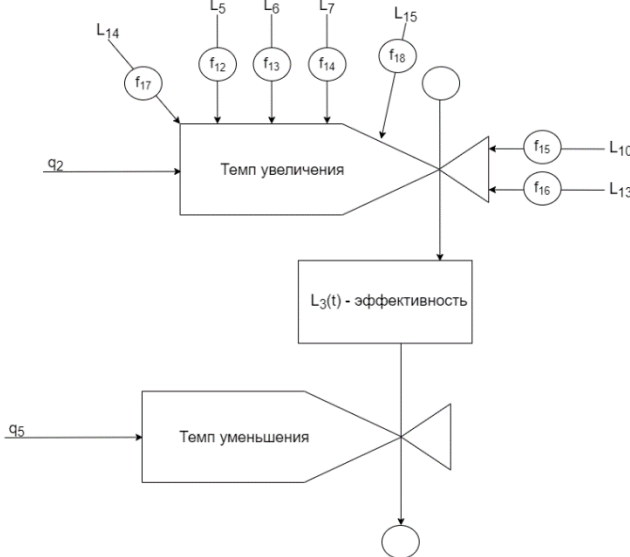
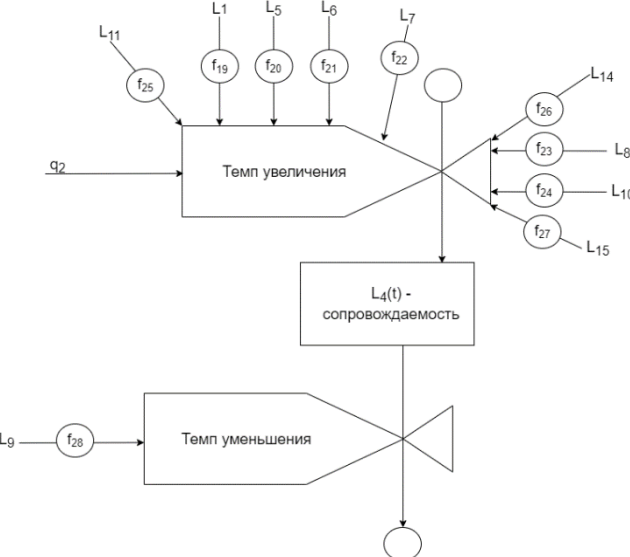
где $B_i(t)$ – результат произведения факторов, влияющих на темп увеличения исследуемой переменной, а $D_i(t)$ – результат произведения факторов, влияющих на темп уменьшения исследуемой переменной.

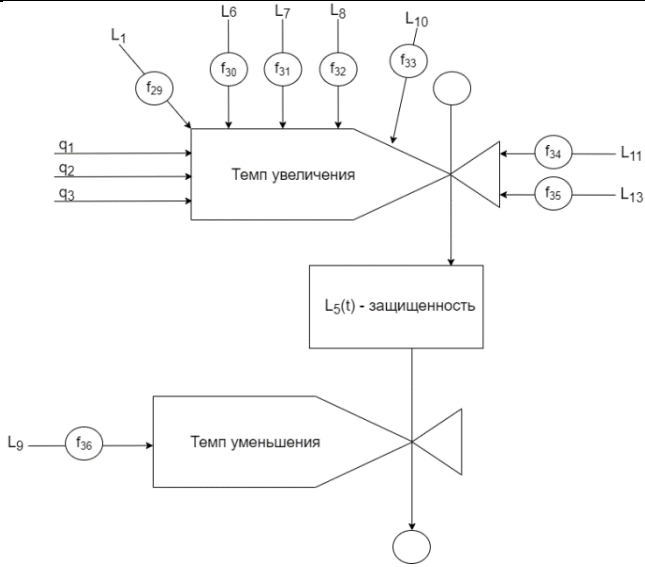
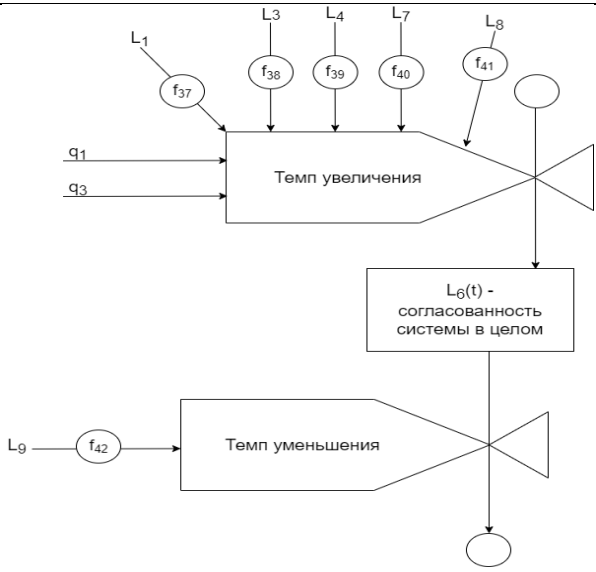
Нормировка выполняется с помощью множителя $1/L_i^*$, где L_i^* – максимальное значение уровня функциональных возможностей рассматриваемого программного обеспечения в выбранной числовой шкале измерений.

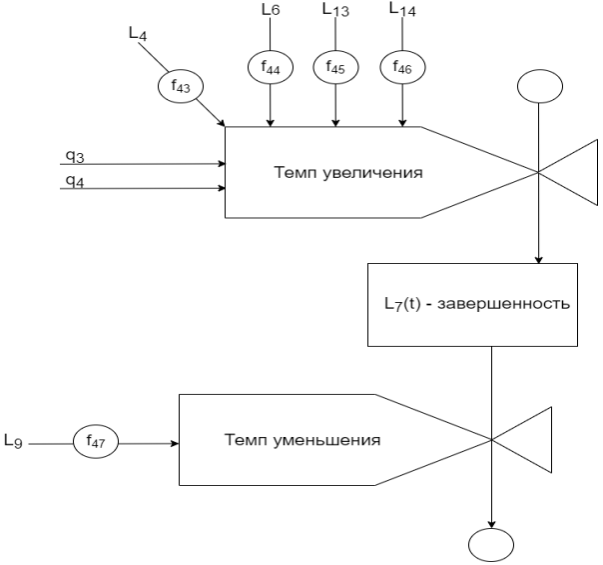
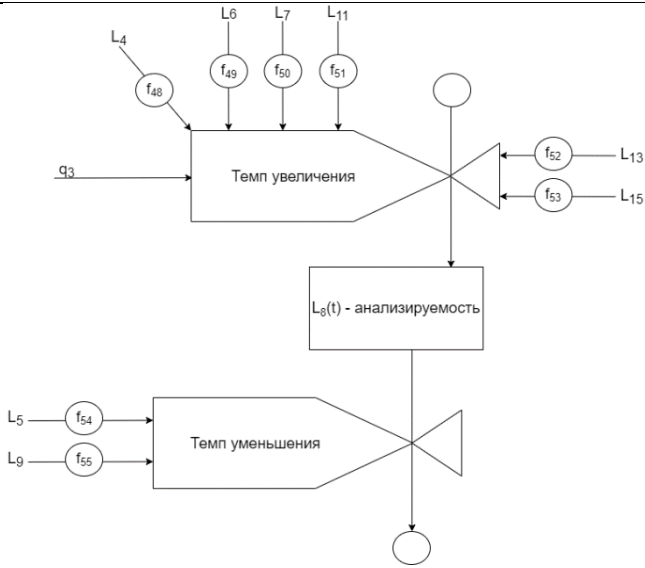
Ниже в таблице 2 представлены описания дифференциальных уравнений для каждой исследуемой переменной, а также изображения соответствующих подграфов, характеризующих причинно-следственные связи, влияющие на величину переменной.

Таблица 2 – Система уравнений и подграфов исследуемых переменных $L_i(t)$

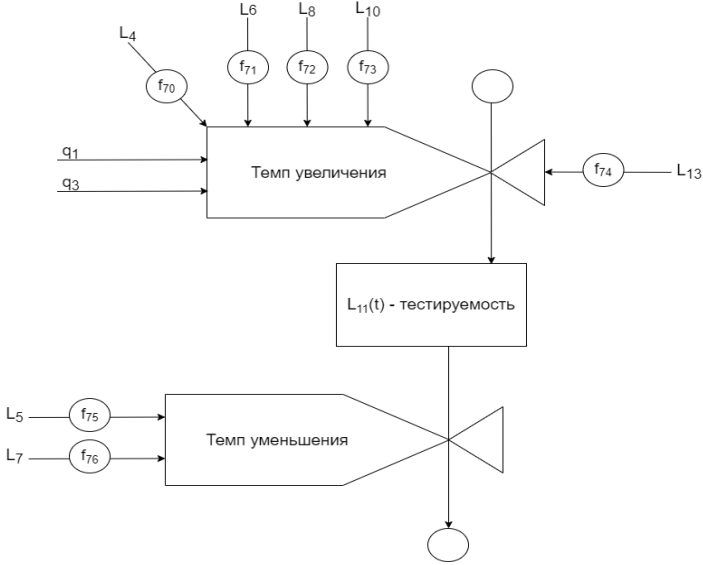
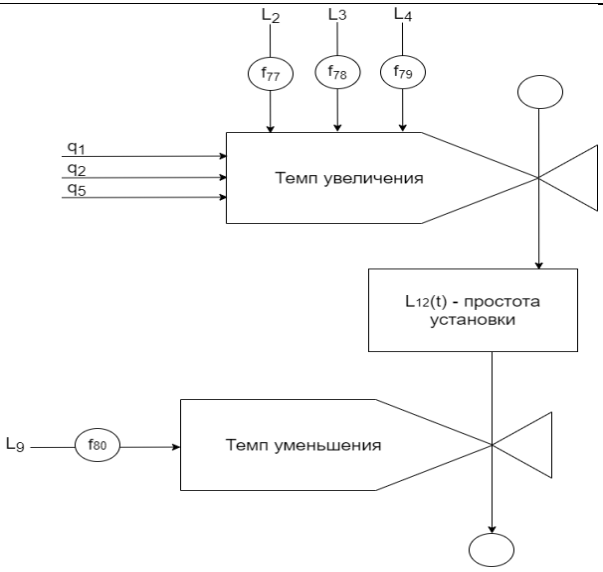
Переменная	Изображение подграфа	Дифференциальное уравнение переменной
$L_1(t)$ - надежность (reliability)		$\frac{dL_1(t)}{dt} = \frac{1}{L_1^*} ((f_1(L_5(t)) \cdot f_2(L_6(t)) \cdot f_3(L_7(t)) \cdot f_4(L_{10}(t)) \cdot f_5(L_{13}(t)) \cdot f_6(L_{14}(t))) \cdot (q_1(t) + q_2(t)) - (q_3(t))).$
$L_2(t)$ - практичность (usability)		$\frac{dL_2(t)}{dt} = \frac{1}{L_2^*} ((f_7(L_3(t)) \cdot f_8(L_{12}(t)) \cdot f_9(L_{13}(t)) \cdot f_{10}(L_{14}(t)) \cdot f_{11}(L_{15}(t))) \cdot (q_2(t) + q_5(t)) - (q_4(t))).$

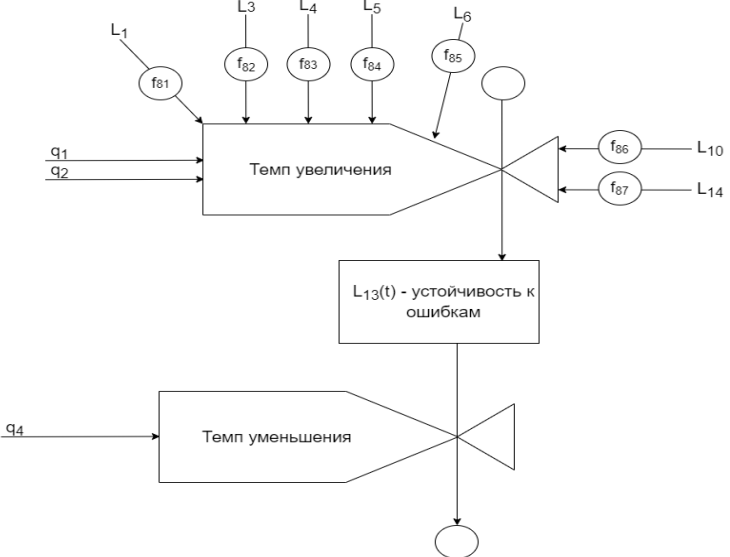
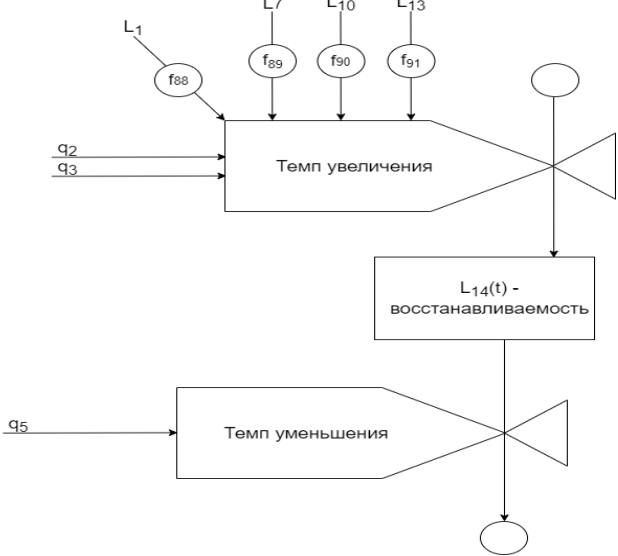
<p>$L_3(t)$ - эффективность (efficiency)</p>		$\frac{dL_3(t)}{dt} = \frac{1}{L_3^*} ((f_{17}(L_{14}(t)) \cdot f_{12}(L_5(t)) \cdot f_{13}(L_6(t)) \cdot f_{14}(L_7(t)) \cdot f_{18}(L_{15}(t)) \cdot f_{15}(L_{10}(t)) \cdot f_{16}(L_{13}(t))) \cdot (q_2(t) - (q_5(t))).$
<p>$L_4(t)$ - сопровожаемость (faintainability)</p>		$\frac{dL_4(t)}{dt} = \frac{1}{L_4^*} ((f_{25}(L_{11}(t)) \cdot f_{19}(L_1(t)) \cdot f_{20}(L_5(t)) \cdot f_{21}(L_6(t)) \cdot f_{22}(L_7(t)) \cdot f_{26}(L_{14}(t)) \cdot f_{23}(L_8(t)) \cdot f_{24}(L_{10}(t)) \cdot f_{27}(L_{15}(t))) \cdot (q_2(t) - (f_{28}(L_9(t))).$

<p>$L_5(t)$ - защищенность (security)</p>		$\frac{dL_5(t)}{dt} = \frac{1}{L_5^*} ((f_{29}(L_1(t)) \cdot f_{30}(L_6(t)) \cdot f_{31}(L_7(t)) \cdot f_{32}(L_8(t)) \cdot f_{33}(L_{10}(t)) \cdot f_{34}(L_{11}(t)) \cdot f_{35}(L_{13}(t))) \cdot (q_1(t) + q_2(t) + q_3(t)) - (f_{36}(L_9(t))))).$
<p>$L_6(t)$ - согласованность системы в целом (cofpliance)</p>		$\frac{dL_6(t)}{dt} = \frac{1}{L_6^*} ((f_{37}(L_1(t)) \cdot f_{38}(L_3(t)) \cdot f_{39}(L_4(t)) \cdot f_{40}(L_7(t)) \cdot f_{41}(L_8(t))) \cdot (q_1(t) + q_3(t)) - (f_{42}(L_9(t)))).$

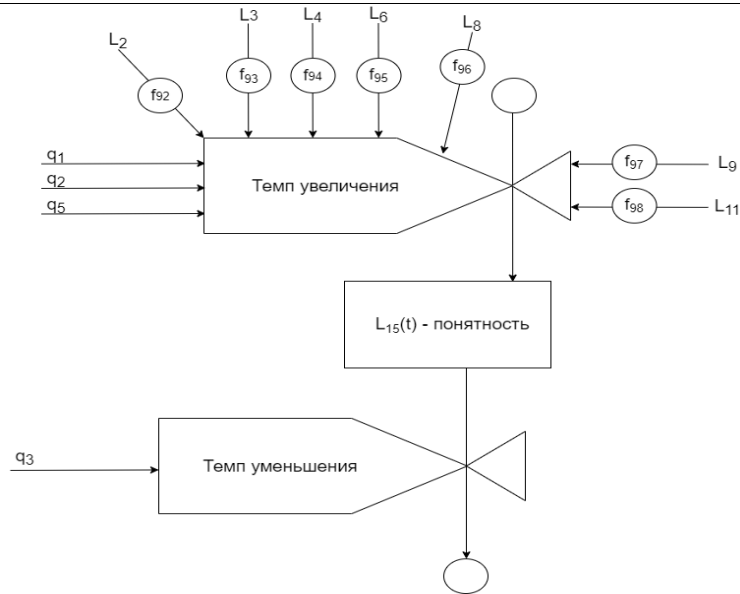
<p>$L_7(t)$ - завершенность (faturity)</p>		$\frac{dL_7(t)}{dt} = \frac{1}{L_7^*} ((f_{43}(L_4(t)) \cdot f_{44}(L_6(t)) \cdot f_{45}(L_{13}(t)) \cdot f_{46}(L_{14}(t)) \cdot (q_3(t) + q_4(t)) - (f_{47}(L_9(t)))).$
<p>$L_8(t)$ - анализируемость (analysability)</p>		$\frac{dL_8(t)}{dt} = \frac{1}{L_8^*} ((f_{48}(L_4(t)) \cdot f_{49}(L_6(t)) \cdot f_{50}(L_7(t)) \cdot f_{51}(L_{11}(t)) \cdot f_{52}(L_{13}(t)) \cdot f_{53}(L_{15}(t))) \cdot (q_3(t)) - (f_{54}(L_5(t)) \cdot f_{55}(L_9(t)))).$

<p>$L_9(t)$ - изменяемость (changeability)</p>		$\frac{dL_9(t)}{dt} = \frac{1}{L_9^*} \left((f_{56}(L_3(t)) \cdot f_{57}(L_6(t)) \cdot (q_1(t) + q_3(t) + q_4(t)) - (f_{58}(L_4(t)) \cdot f_{59}(L_5(t)) \cdot f_{60}(L_7(t)) \cdot f_{61}(L_8(t)) \cdot f_{62}(L_{10}(t))) \right).$
<p>$L_{10}(t)$ - стабильность (stability)</p>		$\frac{dL_{10}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{10}^*} \left((f_{63}(L_1(t)) \cdot f_{64}(L_6(t)) \cdot f_{65}(L_{11}(t)) \cdot f_{66}(L_{12}(t)) \cdot f_{67}(L_{13}(t)) \cdot f_{68}(L_{14}(t)) - (q_2(t) + q_5(t)) - (f_{69}(L_9(t))) \right).$

<p>$L_{11}(t)$ - тестируемость (testability)</p>		$\frac{dL_{11}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{11}^*} ((f_{70}(L_4(t)) \cdot f_{71}(L_6(t)) \cdot f_{72}(L_8(t)) \cdot f_{73}(L_{10}(t)) \cdot f_{74}(L_{13}(t))) \cdot (q_1(t) + q_3(t) - (f_{75}(L_5(t)) \cdot f_{76}(L_7(t)))).$
<p>$L_{12}(t)$ - простота установки (installability)</p>		$\frac{dL_{12}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{12}^*} ((f_{77}(L_2(t)) \cdot f_{78}(L_3(t)) \cdot f_{79}(L_4(t)) \cdot (q_1(t) + q_2(t) + q_5(t)) - (f_{80}(L_9(t)))).$

<p>$L_{13}(t)$ - устойчивость к ошибкам (faulttolerance)</p>		$\frac{dL_{13}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{13}^*} ((f_{81}(L_1(t)) \cdot f_{82}(L_3(t)) \cdot f_{83}(L_4(t)) \cdot f_{84}(L_5(t)) \cdot f_{85}(L_6(t)) \cdot f_{86}(L_{10}(t)) \cdot f_{87}(L_{14}(t))) \cdot (q_1(t) + q_2(t)) - (q_4(t))).$
<p>$L_{14}(t)$ - восстанавливаемость (recoverability)</p>		$\frac{dL_{14}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{14}^*} ((f_{88}(L_1(t)) \cdot f_{89}(L_7(t)) \cdot f_{90}(L_{10}(t)) \cdot f_{91}(L_{13}(t))) \cdot (q_2(t) + q_3(t)) - (q_5(t))).$

$L_{15}(t)$ - понятность
(understandability)



$$\frac{dL_{15}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{15}^*} ((f_{92}(L_2(t)) \cdot f_{93}(L_3(t)) \cdot f_{94}(L_4(t)) \cdot f_{95}(L_6(t)) \cdot f_{96}(L_8(t)) \cdot f_{97}(L_9(t)) \cdot f_{98}(L_{11}(t))) \cdot (q_1(t) + q_2(t) + q_5(t)) - (q_3(t))).$$