

УДК 531

## ФОРМИРОВАНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ ПАРАМЕТРОВ, С УЧЕТОМ СВОЙСТВ СИТУАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И ИЗМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК

**Синицын Сергей Александрович**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

«Теоретическая и прикладная механика»

Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ))

### Аннотация

Совокупность моделей отдельных этапов, обеспечивающих полный цикл решения ситуационной задачи, а также группа управляющих параметров (целей, задач, планов и желаний) позволяет совместно с дополнительным аппаратом моделирования решить поставленную субъектом задачу. В результате решения может быть получена группа оптимальных параметров, удовлетворяющих постановке ситуационной задачи. Оптимальные параметры в той или иной мере адекватны действительным значениям характеристических параметров. Поэтому важно знать, удовлетворяют ли полученные значения области допустимых решений, то есть необходимо проверить выполнение условий попадания параметров в границы доверительных диапазонов. Достоверность принятых решений на промежуточных этапах гарантирует успех решения ситуационной задачи в целом, что выражается достижением заданного уровня количества информации. Поэтому любое математически корректное решение ситуационной задачи должно оцениваться по уровню достаточной информационной достоверности. Математическая модель уровня решения ситуационной задачи характеризуется некоторым диапазоном достоверности, то есть числом, определяющим доверительный интервал применимости модели на данном этапе решения задачи. С информационной точки зрения существует некоторый диапазон, который определяет область достоверных решений ситуационной задачи. Попадание графика функции количества информации в границы этого диапазона определяет выполнение достаточного условия достоверности принятых решений по информационному критерию. Характеристические диапазоны каждого этапа формируются на основании свойств математических моделей, с учетом изменения основных определяющих параметров данного уровня. Статистическая информация, дополнительные сведения о взаимозависимости реализаций параметров, под которыми понимаются направленные действия субъекта при подготовке принятия решения, позволяют выполнять дополнительное уменьшение величин доверительных диапазонов. Такое уточнение доверительных диапазонов можно отнести к дополнительному этапу информационного цикла решения ситуационной задачи, особенности которого рассмотрены в этой статье.

**Ключевые слова:** социальные, ситуационные задачи, управляющие параметры, моделирование ситуаций, область допустимых решений, оптимальные параметры, достоверность принятых решений, статистическая информация, уменьшение доверительных диапазонов.

## FORMATION OF CONFIDENTIAL RANGE OF PARAMETERS TAKING INTO ACCOUNT PROPERTIES OF SITUATIONAL MODELS AND CHANGE OF CONTROL CHARACTERISTICS

**Sergey A. Sinitsyn**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department  
"Theoretical and Applied Mechanics"  
Russian University of Transport (RUT (MIIT))

---

### ABSTRACT

---

The set of models of the individual stages, providing a complete cycle of solving a situational problem, as well as a group of control parameters (goals, objectives, plans and desires) allows, together with an additional modeling apparatus, to solve the problem posed by the subject. As a result of the solution, a group of optimal parameters satisfying the formulation of the situational problem can be obtained. Optimal parameters are in one way or another adequate to the actual values of the characteristic parameters. Therefore, it is important to know whether the obtained values satisfy the range of feasible solutions, that is, it is necessary to verify that the conditions for parameters to fall within the boundaries of confidence ranges are met. The reliability of the decisions made at the intermediate stages guarantees the success of solving the situational problem as a whole, which is expressed by the achievement of a given level of information. Therefore, any mathematically correct solution to a situational problem should be evaluated by the level of sufficient information reliability. The mathematical model of the level of solving a situational problem is characterized by a certain range of reliability, that is, a number that determines the confidence interval of applicability of the model at this stage of solving the problem. From an information point of view, there is a certain range that determines the area of reliable solutions to a situational problem. Hitting the graph of the function of the amount of information within the boundaries of this range determines the fulfillment of a sufficient condition for the reliability of decisions made by the information criterion. The characteristic ranges of each stage are formed on the basis of the properties of mathematical models, taking into account changes in the main determining parameters of this level. Statistical information, additional information about the interdependence of parameter implementations, which are understood as directed actions of the subject in the preparation of decision making, allow for additional reduction in the values of confidence ranges. Such a refinement of confidence ranges can be attributed to an additional stage of the information cycle for solving a situational problem, the features of which are discussed in this article.

---

**Keywords:** social, situational tasks, control parameters, situation modeling, area of acceptable decisions, optimal parameters, reliability of decisions made, statistical information, reduction of confidence ranges.

---

Одним из наиболее важных вопросов решения ситуационных задач на доверительных диапазонах является вычисление и уточнение их величин  $\Delta Pr_i^{(j)}$  по всем параметрам модели  $Pr_i^{(j)}$ . Смысловое содержание решения ситуационной задачи на доверительных диапазонах сводится к поэтапному уменьшению доверительных диапазонов характеристик от весьма размытых исходных размеров до величин, которые определяются заданной точностью или достоверностью решения задачи. При этом необходимо соблюдать условие принадлежности характеристики диапазону на каждом

этапе решения [1, С .16; 2, С. 198]. Важно заметить, что такая схема позволяет сохранить в процессе решения все допустимые реализации с заданной вероятностью, например, с  $P=0,95$ .

Если не принимать в расчет случайные ошибки вычислений, то величины доверительных диапазонов на каждом этапе будут определяться свойствами применяемых моделей, а также характером изменения управляющих параметров в связи с принятыми решениями. Так, например, модели начальных этапов работают на основе точечных информационных сигналов, связанных с подсознательными импульсами первичного интеллекта. При этом разброс характеристик выхода определяется разбросом параметров самой модели без учета принятых решений по управляющим параметрам, которые могут быть вполне парадоксальными и не иметь влияния на величины доверительных диапазонов [3, С. 8]. На этом этапе правильно было бы использовать статистические модели:

$$Pr_i^{(i)} = f_i(Z_i, \dots, Z_L, \zeta_1, \dots, \zeta_N), i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Левая и правая границы доверительных диапазонов  $Pr_{i,лев}$ ;  $Pr_{i,пр}$  определяются предельными характеристиками модели данного уровня [4, С.199]. Границы доверительного диапазона ( $Pr_{i,лев}; Pr_{i,пр}$ ) вычисляются путем решения вариационных задач нахождения максимумов и минимумов выходных параметров по всем доверительным диапазонам модели данного уровня:

$$\begin{aligned} Pr_{i,л}^{(1)} &= \min (\text{Mod}^{(1)}(Pr^{(0)}, Z, \zeta, \Delta K)); \\ Pr_{i,п}^{(1)} &= \max (\text{Mod}^{(1)}(Pr^{(0)}, Z, \zeta, \Delta K)), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Delta K$  – вектор разброса характеристик математической модели.

В том случае, если на вход модели поступает характеристика из диапазона  $\Delta Pr_i^{(j-1)}$ , то границы доверительных диапазонов выходных параметров могут быть вычислены путем решения вариационной задачи с учетом экстремальных значений входных параметров. То есть принцип решения остается без изменения с некоторым усложнением вычислительного аппарата:

$$\begin{aligned} Pr_{i,л}^{(j)} &= \min (\text{Mod}^{(j)}(\text{extr}(Pr^{(j-1)}, Z, \zeta, \Delta K))); \\ Pr_{i,п}^{(j)} &= \max (\text{Mod}^{(j)}(\text{extr}(Pr^{(j-1)}, Z, \zeta, \Delta K))). \end{aligned} \quad (3)$$

Схема формирования диапазонов представлена на рисунке 1.

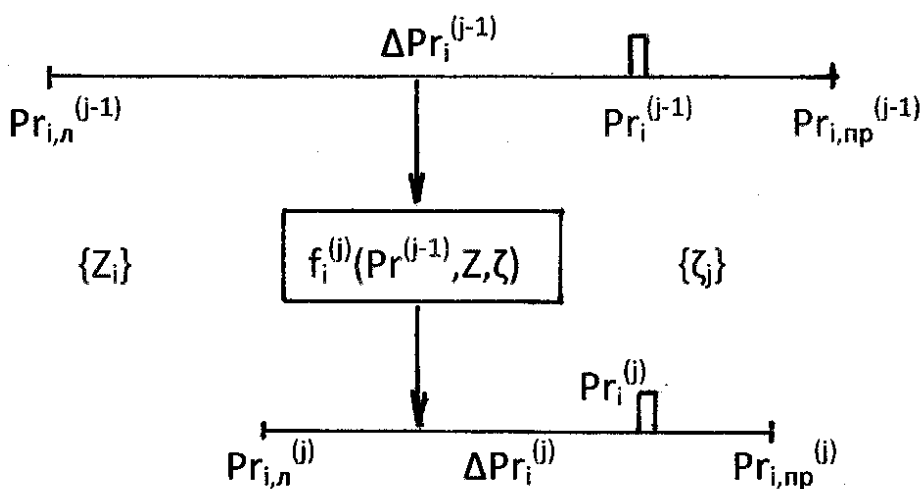


Рисунок 1. Схема формирования доверительных диапазонов параметров модели  $j$  – го уровня

Чтобы сравнить полученные диапазоны первого уровня с исходным состоянием ситуационной задачи необходимо еще до начала решения задать из соображений здравого смысла диапазоны нулевого уровня  $\Delta Pr_i^{(0)}$  по тем параметрам, которые будут определены в конце этапа [5, С. 16].

Таким образом, модель первого уровня отличается от моделей высших уровней тем, что на ее вход наряду с характеристическими параметрами из доверительных диапазонов  $\Delta Pr_i^{(0)}$  воздействуют точечные реализации первичных параметров объективного состояния субъекта, связанные с его наследственными признаками, жизненной средой и другими условиями первичного этапа жизни. На последующих этапах жизни также возможно влияние точечных воздействий, но их весовая составляющая со временем уменьшается.

Если построить доверительные диапазоны по всем параметрам модели уровня [6, С. 62], то образуется некоторая область допустимых решений, которая характеризуется суммарной энтропией  $H(Pr^{(0)})$ .

При формировании глобальной иерархической модели решения ситуационной задачи важно на каждом этапе строить модули равноценные по точности или достоверности, что позволит правильно организовать решение и улучшить процесс сходимости [7, С. 42]. Для этого каждый модуль ситуационной модели должен обладать некоторой комплексной характеристикой, определяющей его «паспортные» данные, то есть показателем эффективности применения на данном этапе решения задачи.

Такая характеристика модуля должна быть универсальной по отношению к моделям любого типа, простой в реализации и, главное, отражать степень адекватности данной модели конкретному этапу решения ситуационной задачи. При формировании универсального критерия необходимо учитывать все многообразие типов моделей, включая те, по которым принимаются решения [8, С. 259].

В качестве такого универсального критерия в нашей работе предлагается использовать энтропию модели, которая отражает ее информационные свойства, а также учитывает законы распределения всех характеристических параметров, величины их диапазонов, многообразие параметров в плане их физической природы, то есть является совокупной характеристикой выходных свойств модели этапа (рис.2).

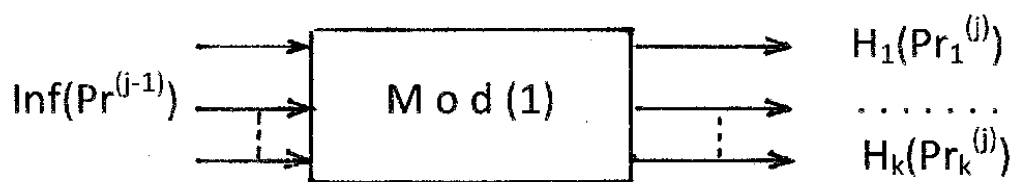


Рисунок 2. Информационная схема этапов ситуационного моделирования

Суммарная характеристика достоверности модели (рис.2) определяется как энтропия выходных характеристик:

$$H(Pr) = \sum_{i=1}^n H_i(\Delta Pr_i^{(0)}, q(Pr_i^{(0)})) \quad (4)$$

и полностью определяет ее информационное содержание.

Наличие характеристики  $H(Pr)$  подразумевает существование некоторого абстрактного диапазона достоверности модели  $\Delta Mod(1)$ , который определяет разброс ее выходных характеристик.

Каждый доверительный диапазон характеризуется некоторым законом распределения, возможно равномерным. Равномерный закон не чувствителен к алгоритму решения ситуационной задачи и не отражает сути решаемой локальной проблемы.

Если принять во внимание статистические зависимости, существующие между соседними этапами ситуационной задачи, учесть опыт решения подобных задачи и ряд других факторов, характеризующих конкретную ситуацию, то с заданной вероятностью ( $P=0,95$ ) доверительные диапазоны характеристических параметров модели могут быть сведены к минимуму на каждом этапе. Для этого необходимо знать законы распределения параметров на каждом этапе, а также условные плотности вероятностей, характеризующие связь этапов. Знание статистических характеристик позволяет определить условную энтропию межэтапного состояния задачи  $H(P_{r_i^{(i)}}/P_{r_i^{(i-1)}})$ , которая, в свою очередь, дает уточнение доверительного диапазона  $\Delta P_{r_i^{(i)}}$  по свойству условной энтропии:

$$H(P_{r_i^{(i)}}/P_{r_i^{(i-1)}}) = H(P_{r_i^{(i)}}) - \Delta H[f(P_{r_i^{(i)}}/P_{r_i^{(i-1)}})], \quad (5)$$

где  $\Delta H[f(P_{r_i^{(i)}}/P_{r_i^{(i-1)}})]$  - уменьшение энтропии за счет учета статистических связей соседних уровней моделирования.

Таким образом, вычисление условной энтропии позволяет дополнительно сдвигать границы доверительных диапазонов параметров модели.

Важно также заметить, что информационный метод позволяет проводить дополнительную коррекцию блоков модели решения ситуационной задачи на базовых этапах. Под коррекцией модели следует понимать не только возможность ее функциональной перестройки, но и учет дополнительной статистической информации о связях параметров различных уровней [9, С. 69].

Таким образом, вследствие многоэтапной иерархической структуры ситуационной задачи математическая модель строится так, что доверительные диапазоны характеристик уменьшаются при переходе от низшего этапа к высшему, вплоть до заданной величины, которая и определяет законченное решение. Такой подход позволяет предположить, что с заданной вероятностью ни одно из возможных решений не будет потеряно, если диапазоны параметров высшего уровня не будут выходить за пределы границ диапазонов предыдущего уровня:

$$\Delta P_{r_i^{(i)}} \subset \Delta P_{r_i^{(i-1)}}. \quad (6)$$

Информационный критерий решения ситуационной задачи позволяет оценивать ситуацию на любом этапе с безразмерного обобщенного уровня, безразличного к смысловому содержанию характеристик, включенных в состав модели действий и решений субъекта.

Если рассчитывать энтропию каждого доверительного диапазона по всем характеристикам модели без учета стохастических связей, то можно вычислить безусловную энтропию на диапазоне для равномерного закона. Чтобы достигнуть большего эффекта, в рассмотрение следует ввести показатели условной энтропии, свойства которой позволяют дополнительно сблизить границы доверительных диапазонов на каждом этапе, то есть повысить эффективность решения ситуационной задачи.

### Список литературы

1. Сеницын С.А. Информационный критерий достоверности этапа решения ситуационной задачи // Евразийский союз ученых (ЕСУ): ежемесячный научный журнал. 2019. №10 (67), Часть 3. С. 15-18.
2. Левчук Т.В. Современные пакеты прикладных программ в инженерной и научной деятельности // История и перспективы развитие транспорта на севере России. 2013. №1. С.196-200.
3. Сеницын С.А., Гусарова О.Ф. Информационные характеристики доверительных диапазонов параметров ситуационных моделей // Оригинальные исследования. 2019. Т.9. №4. С.4-12.

4. Левчук Т.В., Втулкин М.Ю., Череватый Д.Н. Применение интегрированных пакетов в частных задачах вычислительной математики // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2014. №1. С.199-200.
5. Синицын С.А. Информационный подход к проектированию технических объектов транспортного машиностроения на основе САПР // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. 2019. №15. С. 13-21.
6. Левчук Т.В. Эффективность внедрения информационных систем на железнодорожном транспорте // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2012. №1. С.60-64.
7. Левчук Т.В., Маслов А.А. Примеры решения частных задач Имитационного моделирования // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. 2015. №1. С.41-44.
8. Синицын С.А., Гусарова О.Ф. Информационный подход к разработке и применению иерархических ситуационных моделей интерактивного интеллекта // 2019. Социология. №1. С.255-262.
9. Левчук Т.В., Втулкин М.Ю. Инновационные технологии на железнодорожном транспорте // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2012. №1. С.68-71.

#### References

1. Sinitsyn S.A. Information criterion for the reliability of the stage of solving a situational problem // Eurasian Union of Scientists (ESU): monthly scientific journal. 2019. No. 10 (67), Part 3. P. 15-18 [in Russian].
2. Levchuk T.V. Modern packages of applied programs in engineering and scientific activities // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2013. No1. S.196-200 [in Russian].
3. Sinitsyn S.A., Gusarova O.F. Information Characteristics of Confidence Ranges of Parameters of Situational Models // Original Research. 2019. V. 9. Number 4. S.4-12 [in Russian].
4. Levchuk T.V., Vtulkin M.Yu., Cherevaty D.N. The use of integrated packages in particular problems of computational mathematics // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2014. No1. S.199-200 [in Russian].
5. Sinitsyn S.A. Information approach to the design of technical objects of transport engineering based on CAD // Modern problems of improving the work of railway transport. 2019. №15. S. 13-21 [in Russian].
6. Levchuk T.V. The effectiveness of the implementation of information systems in railway transport // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2012. No1. S.60-64 [in Russian].
7. Levchuk T.V., Maslov A.A. Examples of solving particular problems of simulation // Bulletin of scientific works of the Bryansk branch of MIIT. 2015. No1. S.41-44 [in Russian].
8. Sinitsyn S.A., Gusarova O.F. An informational approach to the development and application of hierarchical situational models of interactive intelligence // 2019. Sociology. No. 1. S.255-262 [in Russian].
9. Levchuk T.V., Vtulkin M.Yu. Innovative technologies in railway transport // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2012. No1. S.68-71 [in Russian].