

УДК 531

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ЭТАПОВ РЕШЕНИЯ СИТУАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

**Синицын Сергей Александрович**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

«Теоретическая и прикладная механика»

Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ))

### Аннотация

Смысловое содержание решения ситуационной задачи на доверительных диапазонах сводится к поэтапному уменьшению доверительных диапазонов характеристик от весьма размытого исходного состояния до величин, которые определяются заданной точностью или достоверностью решения задачи. При этом необходимо соблюдать условие принадлежности характеристики диапазону на каждом этапе решения. Такая схема решения позволяет сохранить все возможные реализации параметров 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. В том случае, если на вход модели поступает характеристика из диапазона, то границы доверительных диапазонов выходных параметров могут быть вычислены путем решения вариационной задачи с учетом экстремальных значений входных параметров. Если построить доверительные диапазоны по всем параметрам модели уровня, то образуется некоторая область допустимых решений, которая определяется суммарной энтропией. 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, то доверительные диапазоны характеристических параметров модели могут быть сведены к минимуму. Знание статистических характеристик позволяет определить условную энтропию межэтапного состояния задачи, которая, в свою очередь, дает поправку доверительного диапазона в сторону его уменьшения.

**Ключевые слова:** ситуационные задачи, доверительные диапазоны, достоверные решения, ошибки вычислений, управляющие параметры, принятые решения, энтропия состояния, законы распределения, статистические зависимости, уменьшение доверительных диапазонов.

## STATISTICAL COMMUNICATION OF STAGES OF DECISION SITUATIONAL OBJECTIVES

**Sergey A. Sinitsyn**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department

“Theoretical and Applied Mechanics”

Russian University of Transport (RUT (MIIT))

### ABSTRACT

The semantic content of the solution of a situational problem on confidence ranges is reduced to a gradual decrease in confidence ranges of characteristics from a very blurry initial state to values that are determined by the given accuracy or reliability of the solution to the problem. In this case, it is necessary to observe the condition that the characteristic belongs to the range at each stage of the solution. This solution scheme allows you to save all possible implementations of the parameters with a given probability, for example, with  $P = 0.95$ . If you do not take into account random calculation errors, then the values of confidence ranges at each stage will be determined by the properties of the models used, as well as the nature of the change in control parameters in connection with the decisions made. In the event that a characteristic from the range arrives at the model input, then the boundaries of the confidence ranges of the output parameters can be calculated by solving the variational problem taking into account the extreme values of the input parameters. If we build confidence ranges for all parameters of the level model, then a certain region of feasible solutions is formed, which is determined by the total entropy. Each confidence range is characterized by some distribution law, possibly even. The uniform law is not sensitive to the algorithm for solving the situational problem and does not reflect the essence of the local problem being solved. If we take into account the statistical dependencies that exist between the neighboring stages of the situational problem, then the confidence ranges of the characteristic parameters of the model can be minimized. Knowing the statistical characteristics allows you to determine the conditional entropy of the inter-stage state of the problem, which, in turn, gives the correction of the confidence range in the direction of its decrease.

**Keywords:** situational tasks, confidence ranges, reliable decisions, calculation errors, control parameters, decisions made, state entropy, distribution laws, statistical dependencies, decrease in confidence ranges.

Схема поэтапного решения ситуационной задачи определяет последовательность случайных зависимых событий  $Pr_i^{(0)}, Pr_i^{(1)}, \dots, Pr_i^{(m)}$ , определенных как реализации  $i$ -го характеристического параметра на различных этапах решения:  $j = 1, 2, \dots, m$ . Характеристика  $Pr_i^{(j)}$  может принимать вероятные реализации из своего доверительного диапазона  $\Delta Pr_i^{(j)}$ , максимальный размер которого определяется разбросом характеристик применяемой модели [1, С. 16].

Вероятные значения случайной характеристики  $Pr_i^{(j)}$  определяются предшествующим приближением  $Pr_i^{(j-1)}$ , а также рядом случайных факторов, к которым относятся: параметры принятия решений; условия применения модели  $j$ -го уровня и ее структура. В частных случаях параметры  $Pr_i^{(j-1)}, Pr_i^{(j)}$  функционально связаны между собой на основе детерминированных соотношений:

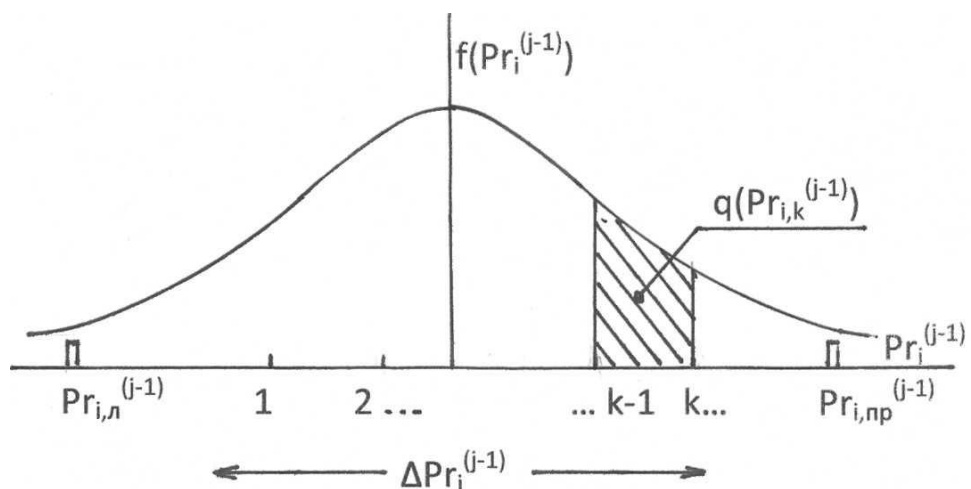
$$\varphi_i(Pr_i^{(j-1)}, Pr_i^{(j)}) = 0, \quad I = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Каждый параметр  $Pr_i^{(j-1)}$  на  $(j-1)$  – м этапе моделирования может быть реализован в  $K$  – м интервале квантования доверительного диапазона  $\Delta Pr_i^{(j-1)}$  с вероятностью  $q(Pr_{i,k}^{(j-1)})$  (рис.1). Интервал квантования доверительного диапазона  $\Delta Pr_i^{(j-1)}$  может быть задан исходя из требуемой точности вычисления параметров заключительного этапа решения ситуационной задачи [2, С. 83].

Такой подход наиболее правильно отражает суть процедуры решения задачи в целом, поскольку разбиение доверительных интервалов на более мелкие интервалы квантования не даст ожидаемого эффекта, а лишь увеличит стоимость проекта. В типовых условиях интервал квантования  $(K-1; K)$ , рис.1, не укладывается в границы текущего доверительного диапазона целое число раз, поэтому в процессе решения или до его начала границы доверительных диапазонов должны быть скорректированы по условию:

$$\Delta Pr_i^{(j)} = (K-1; K) \times N, \tag{2}$$

где  $N$  – целое положительное число.



**Рисунок 1.** Распределение вероятностей попадания параметра в интервал квантования  $(K-1, K)$  для нормального закона

Каждый последующий этап « $j$ » характеризуется соответствующими величинами доверительных диапазонов параметров  $\Delta Pr_i^{(j)}$ , которые должны укладываться в соответствующие диапазоны предыдущего этапа  $\Delta Pr_i^{(j-1)}$ , а также некоторой функцией распределения  $F(Pr_i^{(j)}/Pr_i^{(j-1)})$  [3,С.86]. Поскольку вероятность реализации случайной характеристики  $Pr_i^{(j)}$  на  $j$ -м этапе в интервале  $(L-1, L)$  зависит от условия реализации того же параметра в соответствующем интервале квантования доверительного диапазона предыдущего уровня  $\Delta Pr_i^{(j-1)}$ , то эта вероятность является условной:

$$q(Pr_{i,L}^{(j)}/Pr_{i,k}^{(j-1)}) \tag{3}$$

Для каждой  $k$ -ой реализации характеристики  $Pr_{i,k}^{(j-1)}$  на предыдущем этапе  $(j-1)$  может быть построена условная плотность вероятности на  $j$  –м этапе  $f(Pr_i^{(j)}/Pr_{i,k}^{(j-1)})$ . Тогда для всего доверительного диапазона предыдущего уровня существует условная плотность вероятности  $f(Pr_i^{(j)}/Pr_i^{(j-1)})$ . Поэтому важным вопросом в диапазонной схеме моделирования является выбор начальной плотности распределения и ее дальнейшее уточнение при переходе на последующие этапы решения [4, С. 177].

В самом начале решения ситуационной задачи наиболее неблагоприятные условия определены полным отсутствием статистических данных и опыта субъекта по всем характеристическим параметрам модели при переходе от этапа к этапу. Поэтому здесь правильно было бы принять равномерные законы распределения для условных и безусловных плотностей по всем параметрам [5, С. 186]:

$$f(Pr_i^{(j)}); f(Pr_i^{(j)}/Pr_{i,k}^{(j-1)}); f(Pr_i^{(j)}/Pr_i^{(j-1)}). \tag{4}$$

Каждый доверительный диапазон  $j$  - го этапа моделирования должен быть разбит на квантильные интервалы заданной точности и скорректирован по условию (2) (рис.2).

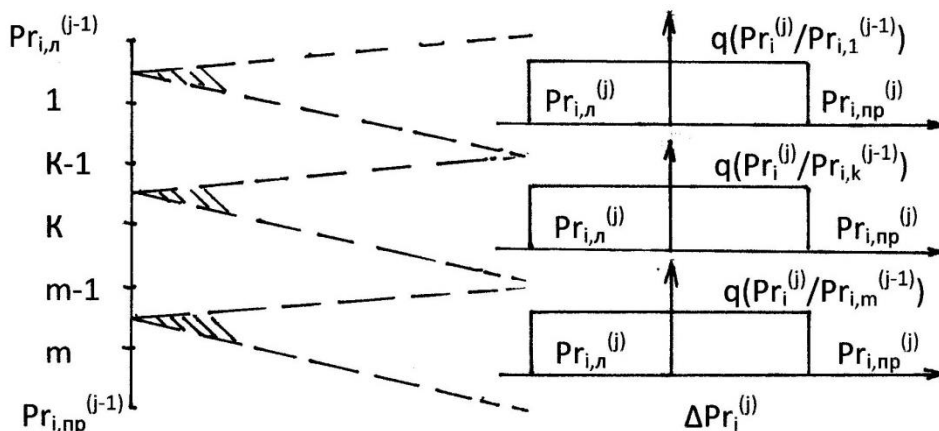


Рисунок 2. Распределения вероятностей параметров начального этапа решения ситуационной задачи

Далее, в результате сбора информации и принятых решений, накапливается информация о характеристиках модели  $Pr_i^{(j)}$  [6, С. 212], которая позволяет строить гистограммы распределений и постоянно уточнять условную плотность вероятностей для каждого  $k$  - го интервала предшествующего уровня  $(j-1)$  и безусловную плотность для текущего  $j$  - го уровня [7, С.188]:

$$f(Pr_i^{(j)}/Pr_{i,k}^{(j-1)}); f(Pr_i^{(j)}) \quad (5)$$

На рисунке 3 приведена примерная схема построения функции плотности вероятностей для выборочного параметра  $Pr_i^{(j)}$ .

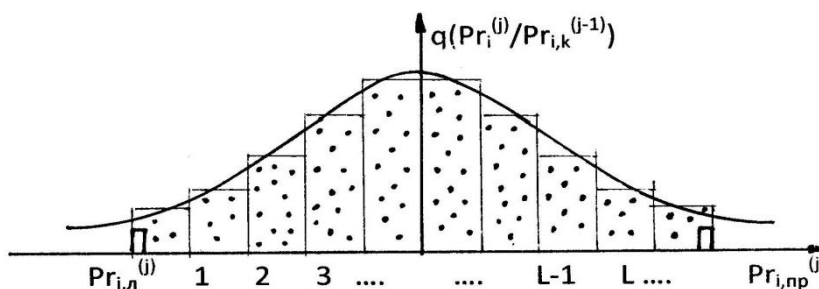


Рисунок 3. Схема построения функции плотности вероятностей для выборочного параметра  $Pr_i^{(j)}$

Для построения условной плотности алгоритм построения остается тем же. Отличие состоит лишь в том, что здесь реализации в соответствующих квантильных интервалах текущего уровня модели  $(L-1, L)$  фиксируются для интервалов  $(K-1, K)$  предшествующего уровня [8, С. 259], рис.4. Значительное увеличение объема экспериментальных данных здесь является причиной инертности построения статистических характеристик.

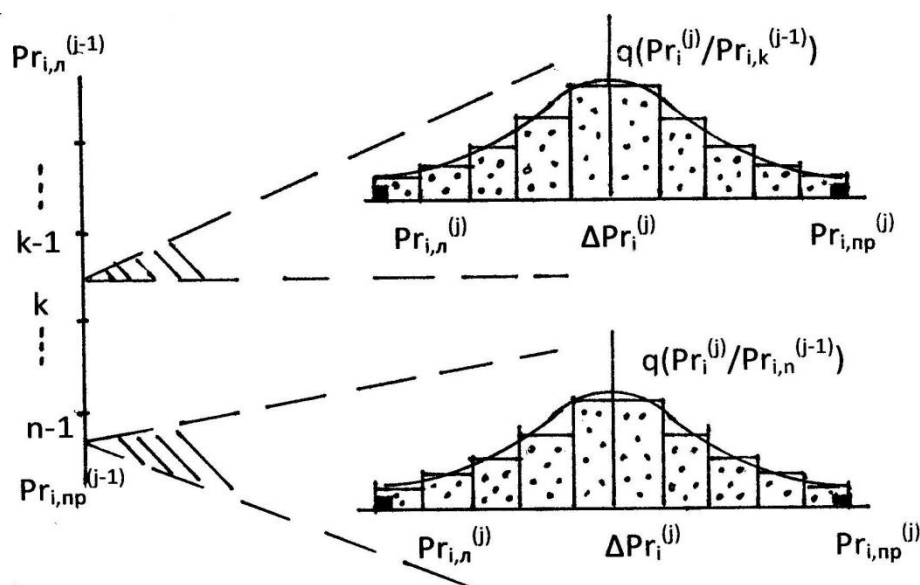


Рисунок 4. Схема уточнения условных плотностей вероятностей

Уточнение плотностей вероятностей независимый процесс, который развивается параллельно решению данной ситуационной задачи и не требует дополнительных усилий и затрат со стороны субъекта [9, С. 192]. С другой стороны, накопление информации позволяет повысить эффективность решения аналогичных ситуационных задач другими субъектами, которые используют ту же статистическую модель решения, для дополнительного уменьшения доверительных диапазонов управляющих параметров с целью повышения эффективности процесса решения.

### 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., Лочканов Д.С., Морозов К.О. Компьютерное и математическое моделирование экономических и транспортных процессов // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2014. №1. С.82-84.
3. Левчук Т.В., Казаков М.С., Зверев А.С. Оптимизация систем массового обслуживания // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2014. №1. С.84-87.
4. Сеницын С.А. Формализация погрешностей в задачах оптимизации геометрических моделей // Инновации и инвестиции. 2018. № 11. С. 175-180.
5. Левчук Т.В., Гальшева А.И., Креузов А.М. Формирование творческого подхода при решении профессиональных задач // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2014. №1. С.185-187.
6. Сеницын С.А. Задача синтеза геометрической информации при оптимальном моделировании гладких дифференциальных поверхностей // Инновации и инвестиции. 2018. № 10. С. 211-214.
7. Левчук Т.В., Голосов А.В., Соколов Д.А. Использование информационно-компьютерных технологий для улучшения визуального восприятия при подготовке специалистов инженерных специальностей // История и перспективы развития транспорта на Севере России. 2014. №1. С.187-190.
8. Сеницын С.А., Гусарова О.Ф. Информационный подход к разработке и применению иерархических ситуационных моделей интерактивного интеллекта // Социология. 2019. №1. С.255-262.

9. Левчук Т.В., Захаров К.О., Вороненков А.А. Системы управления измерениями // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2014. №1. С.190-194.

#### 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., Lochkanov D.S., Morozov K.O. Computer and mathematical modeling of economic and transport processes // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2014. No1. S.82-84 [in Russian].
3. Levchuk T.V., Kazakov M.S., Zverev A.S. Optimization of queuing systems // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2014. No1. S.84-87 [in Russian].
4. Sinitsyn S.A. Formalization of errors in optimization problems of geometric models // Innovations and Investments. 2018. No. 11. S. 175-180 [in Russian].
5. Levchuk T.V., Galysheva A.I., Kreuzov A.M. The formation of a creative approach to solving professional problems // History and prospects of the development of transport in the north of Russia. 2014. No1. S.185-187 [in Russian].
6. Sinitsyn S.A. The problem of synthesis of geometric information in the optimal modeling of smooth differential surfaces // Innovation and investment. 2018. No. 10. P. 211-214 [in Russian].
7. Levchuk T.V., Golosov A.V., Sokolov D.A. The use of information and computer technologies to improve visual perception in the preparation of engineering specialists // History and prospects of transport development in the North of Russia. 2014. No1. S.187-190 [in Russian].
8. Sinitsyn S.A., Gusarova O.F. An informational approach to the development and application of hierarchical situational models of interactive intelligence // Sociology. 2019. №1. S.255-262 [in Russian].
9. Levchuk T.V., Zakharov K.O., Voronenkov A.A. Measurement management systems // History and prospects of transport development in the north of Russia. 2014. No1. S.190-194 [in Russian].