

УДК 621.3

О.С. БУТЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА

*Приведен аналитический обзор исследований, посвященных методам прогнозирования динамики объектов различной этимологии. Предложен комплексный подход к построению предиктора на основе совместного использования данных космического мониторинга и данных, полученных контактными методами зондирования Земли. Рассмотрены различные варианты комбинаторного влияния факторов на динамику объекта с применением элементов алгебры нечеткой логики, полученных в результате детального анализа воздействия каждого из них на объект и анализа их аддитивных свойств. Предложен к рассмотрению разработанный математический аппарат для уточнения существующих методов прогнозирования с применением консенквента и интегрального показателя при учете максимального числа комбинаций составляющих вектора параметров. Произведена попытка обобщения механизма прогнозирования изменения состояния объектов различного происхождения.*

**Ключевые слова:** прогноз, факторы влияния, объект, предиктор, хаос, динамика, априорные данные, методы.

### Введение

Методы дистанционного зондирования Земли из космоса позволяют получать различные виды данных об объектах и явлениях в глобальном масштабе с высоким пространственным и временным разрешением. Космические снимки Земли формируют информацию о физических, химических, биологических, геометрических параметрах объектов наблюдения в различных условиях и с определенной периодичностью. Однако, для полноты картины целесообразно использовать данные космических наблюдений при мониторинге Земли совместно с другими источниками информации, в частности данными, полученными контактными методами. Актуальность и перспективность использования спутниковой информации, а также проблемы, связанные непосредственно с ее обработкой приводят к поиску новых или модернизации старых методик. Особенно это касается вопросов прогнозирования развития различных ситуаций.

Существует несколько подходов к выдаче кратковременных прогнозов. Рассмотрим данные методики применительно к задаче выдачи прогноза возможного изменения выявленного на космическом снимке (отдешифрованного) объекта только по априорным данным, рассматриваемых в комплексе с данными, полученными ранее контактными методами исследований. Особенно остро стоит вопрос построения прогноза на период задержки при получении нового снимка анализируемой террито-

рии в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, экологических катастроф и пр.

### 1. Постановка проблемы

В статье представлен анализ проблемы выдачи наиболее точного кратковременного прогноза распространения выявленной аномалии на период отсутствия новых космических снимков только по наличию априорных данных. Проведен анализ существующих методов прогнозирования динамики различного рода объектов. Предложен механизм выдачи прогноза с использованием данных, полученных в результате детального анализа каждого из факторов влияния на объект и их суммарного влияния. Разработан математический аппарат для уточнения существующих методов прогнозирования с применением консенквента и интегрального показателя при учете максимального числа комбинаций составляющих вектора параметров при комплексировании данных контактных методов и характеристик анализируемого изображения данных дистанционного зондирования Земли.

### 2. Анализ существующих методов прогнозирования

Формулировка задачи при построении прогноза временной динамики различного рода объектов выглядит следующим образом.

Каждая из характеристик рассматриваемого объекта измеряется в моменты  $t, 2t, \dots, 3t$ . Каждому

из этих моментов времени соответствуют наблюдения  $h_1, h_2, h_3, \dots$ . По множеству наблюдений

$$h_1, h_2, h_3, \dots$$

строится предиктор  $h_{n+1}, h_{n+2}, h_{n+3}, \dots$  и т.д. [1].

Одним из классических вариантов решения данной задачи является метод экстраполяции, в частности, авторегрессия. В этом методе предполагают, что

$$h_{n+m} = a_m h_{n+m-1} + a_{m-1} h_{n+m-2} + \dots + a_1 h_n, \quad (1)$$

где  $a_m, \dots, a_1$  — постоянные коэффициенты, которые находятся на основе имеющихся измерений  $h_1, \dots, h_n$ . Общее решение такого уравнения имеет вид

$$x_n = \sum A_k \exp(\gamma_k n) = \sum A_k q_k^n. \quad (2)$$

Величины  $q_k = \exp(\gamma_k)$  являются корнями многочлена степени  $m$  с коэффициентами  $1, -a_m, -a_{m-1}, \dots, -a_1$ . Если все величины  $\gamma_k$  — чисто мнимые числа, то решение будет суммой гармонических колебаний, в противном случае оно будет содержать возрастающие или убывающие составляющие [1].

Однако данная формула определяет элементарный предиктор, который является неприемлемым при решении заданной задачи, поскольку не учитывается случайность возникновения множества факторов и степень их взаимного влияния на объект. Рассмотренным методом можно получить в качестве прогноза только простейшие предварительные изменения на очень короткий промежуток времени с низкой степенью точности.

Поэтому необходимо рассмотреть другой подход. Введем предположение о том, что анализируемый объект описывается некоторой динамической системой [2]

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{x}}{dt} &= \bar{f}(\bar{x}) + \bar{g}(t) + \bar{\varepsilon}(\bar{x}, t); \\ \bar{x}(0) &= \bar{x}_0; \\ \bar{x}(t) &= (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\bar{f}(\bar{x})$  определяет динамику самого объекта,

$\bar{g}(t)$  — факторы влияния на объект,

$\bar{\varepsilon}(\bar{x}, t)$  — изменения объекта, связанные с влиянием случайных факторов, не введенных в рассмотрение,

$n$  — число переменных, характеризующих состояние исследуемого объекта,

$\bar{x}_0$  — начальные данные.

По значению вектора параметров  $h_1, \dots, h_n$  восстанавливается система (3), используя, дополнительную информацию, и получается соответствующий

предиктор, дающий более полное и точное, по сравнению с первым случаем, описание объекта. Однако, и этот прогноз для решения поставленной задачи не может быть принят во внимание, поскольку при построении предиктора по данной методике вводится ряд допущений, снижающих точность прогнозирования и влияющих на его полноту и требует большое количество точных априорных данных не только космического мониторинга, но и полученных контактными методами, что в реальных условиях практически невозможно.

При построении прогноза для объекта, представляющего собой распространение выявленных на космическом снимке аномалий речь идет о работе с большим количеством переменных, от которых зависит дальнейший прогноз. Таким образом, можно ввести в рассмотрение для построения предиктора некоторые аспекты теории динамического хаоса, в частности, странные аттракторы, описывающие непериодическое движение.

Анализируются две близкие точки  $\bar{x}'(0)$  и  $\bar{x}''(0)$  и лежащие на аттракторе, и рассматривается функция

$$d(t) = |\bar{x}'(t) - \bar{x}''(t)|, \quad (4)$$

где  $\bar{x}'(t)$  и  $\bar{x}''(t)$  — решения уравнения (4)

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{x}}{dt} &= \bar{f}(\bar{x}); \\ \bar{x}(0) &= \bar{x}_0; \end{aligned} \quad (5)$$

с начальными данными  $\bar{x}'(0)$  и  $\bar{x}''(0)$ .

Показатель Ляпунова будет рассчитываться как

$$\lambda(\bar{x}'(0), \bar{\omega}) = \lim_{t \rightarrow \infty} \lim_{d(0) \rightarrow 0} \left[ \frac{1}{t} \ln \frac{d(t)}{d(0)} \right], \quad (6)$$

где  $\bar{\omega}$  — единичный вектор от точки  $\bar{x}'(0)$  к точке  $\bar{x}''(0)$ .

В данном случае, показатель Ляпунова зависит и от начальной точки, и от вектора  $\bar{\omega}$ .

Но, в эргодической теории доказано, что при весьма общих условиях почти все точки  $\bar{x}'(0)$  и  $\bar{x}''(0)$  в окрестности странного аттрактора в  $n$ -мерной системе вида (5) будут давать один и тот же набор  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ ,  $n$  показателей Ляпунова [1, 3, 4]

При этом, с помощью показателя  $\lambda_1$  определяется изменение длины малого отрезка

$$d(t) \approx \bar{x}'(t) - \bar{x}''(t) \approx e^{\lambda_1 t}.$$

Изменение площади полигона малых размеров с вершинами  $\bar{x}'(t), \bar{x}''(t), \bar{x}'''(t)$  дает второй показатель  $s(t) \approx e^{(\lambda_1 + \lambda_2)t}$  и т.д.

Предполагается, что система диссипативная, и  $n$ -мерный объем сокращается:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n < 0.$$

Однако, необходимо заметить, что одним из важных свойств странных аттракторов является чувствительность к начальным данным, а это означает, что для рассмотренной модели (5),  $\lambda_1 > 0$  и требует при построения предиктора определения горизонта прогноза.

Неучтенные факторы, оказывающие незначительное влияние на объект, но существенно влияющих на прогноз при дополнительном учете их свойства аддитивности и интегрального показателя комбинаторного влияния их на исследуемый объект в таких системах могут иметь большие следствия. Таким образом, необходимо учесть и некоторые аспекты теории управления хаосом [2 – 4].

В данном случае имеет смысл исследование странных аттракторов для ряда уравнений в частных производных и систем с запаздыванием [1, 2 – 5]. При этом рассматриваются измерения одной величины в дискретные моменты, и по ним определяется является ли система динамической, вычисляется ее размерность и количественные характеристики динамического хаоса, если таковой в ней есть.

Сразу возникает некорректность, поскольку рассматриваемая динамическая система, порождающая данный временной ряд, не единственна. При этом если вычислять показатели Ляпунова по данному временному ряду, то высока вероятность столкновения с плохо обусловленной матрицей размерности  $m$ .

На ее диагонали должны были бы стоять первые  $n$  показателей Ляпунова и " $-\infty$ " на других местах (если  $m > n$ , и неправильно определена размерность исходной системы).

Существует ряд методов регуляризации некорректных задач. Однако большинство этих методов не могут быть непосредственно использованы в задачах нелинейной динамики (поскольку характер доступной априорной информации, обычно оказывается иным).

Идея реконструкции аттрактора также в данном случае является неприемлемой, поскольку при вычислении размерности аттрактора возникают сложности с тем, чтобы однозначно определить точку на аттракторе.

Следует заметить, что использование при построении прогноза нейронных сетей также не всегда оправдано.

Это связано с тем, что существующие вычислительные технологии хорошо работают при небольшой размерности системы, при этом временной ряд должен быть измерен достаточно точно, что в реальных условиях для решения конкретной задачи практически невозможно.

### 3. Механизм комплексирования данных различной этимологии

Анализ проблем, возникающих при прогнозировании, затрагивает вопросы создания и комплексирования новых критериев для дальнейшего (более детального) анализа объекта (фрагмента изображения), содержащего большое число переменных и факторов, взаимодействующих друг с другом, реагирующих на изменения каждой другой переменной и т.п. и влияющих на объект независимо друг от друга. В основе этой методологии лежит установление и анализ причинно-следственных связей, анализ альтернатив и разработка предполагаемого сценария комплексного влияния на прогнозирование изменения объекта в заданный период времени.

Предлагается следующий механизм построения прогноза.

На первом этапе для совокупности рассматриваемых факторов влияния строится граф усиления и граф взаимного влияния факторов [5, 7]. Затем для каждой из вершин графа в соответствии с алгоритмом Флойда определяются весовые коэффициенты, определяющие первостепенность и степень влияния их на объект. При этом необходимо учитывать, что может создаться ситуация, когда одновременно рассматриваются факторы, обладающие аддитивным действием [7,8,9]. В таком случае сумма их весовых коэффициентов, нормированная на предельно допустимой степени влияния ПДВ, не должна превышать единицы согласно следующему выражению:

$$\forall i = 1 \div n$$

$$\frac{\hat{n}_1}{\hat{a}_1} + \frac{\hat{n}_2}{\hat{a}_2} + \frac{\hat{n}_3}{\hat{a}_3} + \dots + \frac{\hat{n}_i}{\hat{a}_i} \leq 1. \quad (7)$$

Для определения коэффициентов для элементов графа, не обладающих суммацией действия, допустимые значения определяются из интервала от 0 до 1.

Поскольку при прогнозировании имеет место стохастическая неопределенность (т.е. событие может произойти, а может и нет), то степень неопределенности может меняться. Поэтому, опять таки пользуясь аппаратом нечеткой логики необходимо определить границы влияния каждого из факторов на изменение анализируемого объекта [5 – 7]. Для этого при построении сценария дальнейшего развития ситуации и проведении анализа альтернатив с использованием значений матрицы весовых коэффициентов вычисляется консеквент (заключения совместных логических высказываний) при операциях логической дизъюнкции, конъюнкции и импликация, значения которых в дальнейшем исполь-

зуються при определении интегрального показателя совокупности комбинаторных множеств для построения функциональной зависимости функции принадлежности каждого из факторов.

#### 4. Методика построения уравнений для определения предполагаемого смещения объекта на период прогноза

Следующим этапом построения прогноза является определение функциональных зависимостей для каждого из факторов, математически описывающих влияние каждого из сочетаний совокупности факторов на объект (на изменение переменных  $x, y, z$ ). Поскольку графически функциональная зависимость представляет собой некоторую кривую, то эмпирическим путем было установлено, что имеет смысл описывать эти зависимости кубической сплайн-функцией наиболее оптимально аппроксимирующей любую сложную кривую, а при некоторых определенных значениях коэффициентов и ее вырождение в прямую линию. При этом при использовании сплайн-функции в предлагаемых далее формулах построения прогноза необходимо рассмотреть аппроксимацию данной функцией и рассчитать ее коэффициенты кривых влияния различных факторов на каждую из координат [8]. Таким образом, в общем виде функция записывается следующим образом

$$\begin{cases} f_i(x) = a_i + b_i(x - x_{i-1}) + c_i(x - x_{i-1})^2 + \\ + d_i(x - x_{i-1})^3; \\ f_i(y) = a_i + b_i(y - y_{i-1}) + c_i(y - y_{i-1})^2 + \\ + d_i(y - y_{i-1})^3; \\ f_i(z) = a_i + b_i(z - z_{i-1}) + c_i(z - z_{i-1})^2 + \\ + d_i(z - z_{i-1})^3, \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \forall x_{i-1} < x < x_i; \\ \forall y_{i-1} < y < y_i; \\ \forall z_{i-1} < z < z_i, \end{aligned}$$

где  $a_i, b_i, c_i, d_i$  – коэффициенты, подлежащие определению на всех  $n$  элементарных отрезках. Чтобы система алгебраических уравнений имела решение, нужно, чтобы число уравнений точно равнялось числу неизвестных.

После получения функциональных зависимостей, аппроксимируемых кубической сплайн-функцией с коэффициентами, имеющими различное значение для каждого фактора в отдельности, определения интегрального показателя и значений весовых коэффициентов с использованием операций алгебры нечеткой логики строится общая формула выдачи предварительного кратковременного про-

гноза для заданного объекта в некоторый период времени. Для этого рассмотрим координаты соответствующих 3-х контрольных точек  $(x, y, z)$  на снимке. При этом плановые координаты определяются непосредственно из фотограмметрических преобразований, а высотные из лоции. Согласно априорным данным (из эталонного или предыдущего снимка, в зависимости от этапа расчета) известны координаты этих же точек  $(x), (y), (z)$ . Для каждой из этих опорных точек составляются следующие уравнения поправок:

$$\begin{cases} \left[ (x_k) + 2H_x \sum_{i=1}^n \frac{\partial x}{\partial f_i} K_{ix} \cdot \delta f_{ix} \right] - x_k = v; \\ \left[ (y_k) + 2H_y \sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial f_i} K_{iy} \cdot \delta f_{iy} \right] - y_k = v'; \\ \left[ (z_k) + 2H_z \sum_{i=1}^n \frac{\partial z}{\partial f_i} K_{iz} \cdot \delta f_{iz} \right] - z_k = v'', \end{cases} \quad (9)$$

$$\forall k = 1 \div j,$$

где  $n$  – количество рассматриваемых факторов влияния (размерность вектора параметров);  $f$  – функциональная зависимость, определяющая влияние фактора на объект (кубическая сплайн-функция);  $K_x, K_y, K_z$  – значения весовых коэффициентов для каждого конкретного фактора и на каждую из переменных, определяемые из графа непосредственного влияния на объект (на возможное изменение каждой из координат объекта);  $\delta f_x, \delta f_y, \delta f_z$  – поправки к координатам, которые необходимо вычислить, чтобы определить зону смещения опорных точек в результате влияния рассмотренных факторов;  $H_x$  – значение показателя Херста, характеризующее время изменения параметров объекта;  $(x), (y), (z)$  – значения координат опорных точек, относящихся к последнему снимку (на 1-м этапе расчета) или вычисленные в результате решения уравнений с учетом поправок;  $x, y, z$  – значения координат опорных точек, относящихся к первому снимку (на 1-м этапе расчета) или значения, соответствующие предыдущим расчетам уравнений поправок (априорные данные).

Построенные уравнения решаются при условии

$$[pv^2 + p'v'^2 + p''v''^2] = \min.$$

Для этого сначала измеряют координаты опорных точек на фотоснимке. Потом, решая уравнения поправок, вычисляют координаты тех же опорных точек и коэффициенты уравнений исправлений. В результате решения уравнений исправлений получают исправление к начальному приближению. Введя эти исправления, получают первое приближение неизвестных. Используя первое приближение, снова вычисляют величины  $(x), (y)$  и  $(z)$  и ко-

эфициенты уравнений исправлений. Составляют новые уравнения исправлений, в результате решения которых получают исправление к первому приближению и второе приближение неизвестных.

Вычисления продолжают до тех пор, пока исправления станут меньше допустимого значения или поправки не будут значительно изменяться [8].

Введем ограничение на количество факторов. Для 3-х опорных точек в рассмотрение необходимо ввести 9 факторов и т.д.

Определим правомочность составленной системы уравнений. Полный дифференциал определяет скорость изменения размеров объекта и его формы по совокупности влияния на него указанных факторов. Знак плюс между частными производными имеет место быть, поскольку речь идет о работе в едином векторном поле. Весовые коэффициенты являются скалярами и при умножении на них никакого изменения физического смысла не происходит.

Особое внимание хотелось бы уделить показателю Херста. По его значению формируется вектор дополнительных информативных признаков, характеризующий скорость распространения явления в рассматриваемый период времени, т.е. состояние динамической системы в целом.

При этом, если его значение превышает число 0.5, то временной ряд в будущем промежутке времени стремится к возрастанию; если показатель Херста равен 0.5, то временной ряд находится в неопределенном состоянии, это говорит о том, что мы не можем сказать о направлении его развития; если показатель меньше 0.5, то временной ряд стремится к убыванию. Учет предыдущих значений показателя Херста позволяет сделать вывод о том, что тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем. И наоборот, тенденция к уменьшению в прошлом означает, в среднем, продолжение уменьшения в будущем [6]. Более того с помощью метода нормированного размаха Херста есть возможность рассчитать показатели Херста не только в области анализируемого объекта, но и в смежных зонах, установить зависимость между полученными показателями Херста в различных зонах получить некоторую оценку интервалов предсказуемости поведения данного ряда в зависимости от коррелированности полученных значений. Границы ареалов различного происхождения будут характеризуются точками излома статистики Херста, на которых оценка показателя Херста будет существенно изменяться.

При прогнозировании процесса времени пространства объекта с заданными параметрами показатель Херста показывает степень отклонения вероятностных характеристик второго порядка от характеристик классического распределения, т.е. позволяет определить вероятностные границы с

большой степенью достоверности, особенно при наличии существенных возмущений [6, 7].

После решения системы уравнений и вычисления поправок  $\delta f_x$ ,  $\delta f_y$ ,  $\delta f_z$  необходимо усреднить значения сдвижек

$$\begin{aligned}\Delta x &= \frac{\sum_{i=1}^k \delta f_{xi}}{k}; \\ \Delta y &= \frac{\sum_{i=1}^k \delta f_{yi}}{k}; \\ \Delta z &= \frac{\sum_{i=1}^k \delta f_{zi}}{k}.\end{aligned}\quad (10)$$

Используя полученные ранее значения интегрального показателя I, вероятности создания неблагоприятной ситуации при воздействии всех факторов – возникновение «джокера» - N, окончательно определим прогнозируемое смещение по координатам

$$\begin{cases} P_{Rx} = N \times I \times \Delta x; \\ P_{Ry} = N \times I \times \Delta y; \\ P_{Rz} = N \times I \times \Delta z, \end{cases}\quad (11)$$

где  $P_{Rx}$  – ожидаемое смещение по координате x;

$P_{Ry}$  – ожидаемое смещение по координате y;

$P_{Rz}$  – ожидаемое смещение по координате z.

## Заключение

В статье был предложен механизм усовершенствования существующих подходов и методов прогнозирования динамики объектов, обобщение механизма построения предиктора на прогнозирование объектов и явлений различной этимологии.

В результате проведенных исследований необходимо отметить, что точность анализа и дальнейшего прогноза во многом зависит от количества и точности априорных данных, а это в свою очередь требует создания значительной базы данных, содержащих снимки, полученные различными системами и в различных диапазонах. Однако предложенный механизм позволяет выдать кратковременный прогноз динамики объекта только по априорным данным.

На основании проведенного анализа наиболее часто используемых методов прогнозирования можно сделать вывод о том, что только комплексный подход с использованием данных дистанционного зондирования Земли и данных, полученных контактными методами на основе теории динамического хаоса, нечеткой логики и теории графов, а также элементов фрактального анализа может дать адекватную оценку предполагаемому сценарию прогноза.

## Литература

1. Малинецкий Г.Г. Сценарии, стратегические риски, информационные технологии / Г.Г. Малинецкий. – М.: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2002. – 124 с.
2. Нестационарные структуры и диффузионный хаос / Т.С. Ахромеева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1992. – 544 с.
3. Дмитриев А.С. Прикладной динамический хаос / А.С. Дмитриев. – Ярославль: ЯрГУ, 1999. – 102 с.
4. Малинецкий Г.Г. Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие / Г.Г. Малинецкий, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 2002. – 124 с.
5. Соколов А.Ю. Применение нечетких множеств в экспертных системах и системах управ-

ления: учеб. пособие / А.Ю. Соколов. – Х.в: Гос. Аэрокосмический ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 1999. – 64 с.

6. Иванов С.А. Стохастические фракталы в Информатике / С.А. Иванов // Научно-техническая информация. Сер. 2, 2002. – № 8. – С. 7-18.

7. Бутенко О.С. Анализ возможности прогнозирования распространения аномалий по данным космического мониторинга. / О.С. Бутенко // Системы обработки информации: Зб. наук. Праць. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 5(72). – С. 38-44.

8. Бутенко О.С. Механизм построения кратковременного прогноза по априорным данным / О.С. Бутенко // Системы управления, навигации та зв'язку: зб. наук. праць. – К.: Центральний науководослідний інститут навігації і управління, 2008. – Вип. 3 (7). – С. 37-40.

Поступила в редакцію 27.04.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов Г.Я. Красовский, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ОБ'ЄКТА

*О.С. Бутенко*

Наведено аналітичний огляд досліджень, присвячених методам прогнозування динаміки об'єктів різної етимології. Запропоновано комплексний підхід до побудови предиктора на основі спільного використання даних космічного моніторингу й даних, отриманих за допомогою контактних методів зондування Землі. Розглянуто різноманітні варіанти комбінаторного впливу факторів на динаміку об'єкта із застосуванням елементів алгебри нечіткої логіки, отриманих у результаті детального аналізу впливу кожного з них на об'єкт й аналізу їх адитивних властивостей. Запропонований до розгляду розроблений математичний апарат для уточнення існуючих методів прогнозування із застосуванням консеквента й інтегрального показника при обліку максимального числа комбінацій складового вектора параметрів. Зроблено спробу узагальнення механізму прогнозування зміни стану об'єктів різного походження.

**Ключові слова:** прогноз, фактори впливу, об'єкт, предиктор, хаос, динаміка, априорні дані, методи

## IMPROVEMENT OF DYNAMICS OF OBJECT'S FORECASTING METHODOLOGY

*O.S. Butenko*

The analytical review of the researches devoted to methods of forecasting of dynamics of various etymology objects is resulted. The complex approach to construction of predictor on the basis of sharing the data of space monitoring and data received by contact methods of the Earth sending is offered. Various variants of combinatory influence of factors on dynamics of object with application of elements of algebra of the indistinct logic, received as a result of the detailed analysis of influence of each of them on object and the analysis of their additive properties are considered. The developed mathematical apparatus for specification of existing methods of forecasting with application of consequent and an integrated indicator is offered to consideration at the account of the maximum number of combinations of components of a vector of parameters. An attempt of generalisation of the mechanism of forecasting the change in a condition of objects of a various origin is made.

**Key words:** forecast, factors of influence, object, predictor, chaos, dynamics, aprioristic data, methods.

**Бутенко Ольга Станиславовна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: OS-B@bk.ru.