УДК 519.711.3

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ОБЪЕКТУ ИССЛЕДОВАНИЯ

Соколов Иван Александрович[1], Миловидова Анна Александровна[2]

[1]*Студент;*
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: isokolov@jinr.ru.

[2]*Старший преподаватель;*
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: milanna@uni-dubna.ru.

Оценка адекватности модели объекту исследования – одна из основных задач при моделировании различных процессов и явлений: природных, социальных, технологических, научных и т.д. Аргументация результатов моделирования при переносе на реальный объект, базируется на оценке адекватности модели объекту. Когда полученные результаты не противоречат ожидаемым результатам, не уделяется должного внимания вопросу адекватности. Когда результат является неожиданным для исследователя, тогда в первую очередь обращается внимание на адекватность модели объекта. В работе авторы предлагают постановку задачи и алгоритм решения задачи оценки адекватности модели объекту исследования.

Ключевые слова: адекватность, модель, объект, оценка, мера сходства.

ALGORITHM OF THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE ASSESSMENT OF ADEQUACY OF MODEL TO THE OBJECT OF THE RESEARCH

Sokolov Ivan[1], Milovidova Anna[2]

[1]*Student;*
Dubna State University,
Institute of the system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: isokolov@jinr.ru.

[2]*Senior teacher;*
Dubna State University
Institute of the system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: milanna@uni-dubna.ru.

Assessment of adequacy of model to an object of a research – one of the main objectives modeling various processes and the phenomena: natural, social, technological, scientific, etc. The argument of results of modeling at transfer on a real object, is based on an assessment of adequacy of model to an object. When the received results don't contradict the expected results, due attention isn't paid to a question of adequacy. When the result is unexpected for the researcher, then first of all the attention to adequacy of model of an object. In work authors offer problem definition and an algorithm of the solution of a problem of an assessment of adequacy of model to an object of a research.

Keywords: adequacy, model, object, assessment, similarity measure.

Введение

Какой бы сложной ни была модель, тем не менее она является приближенным отображение реального объекта и отражает только те свойства, которые нам необходимы. Однако до тех пор, пока не доказана адекватность модели реальной обстановке, нельзя с уверенностью утверждать, что с ее помощью получается те результаты, которые реально отражают функционирование исследуемого объекта. Оценка адекватности и точности модели любого типа, в том числе и имитационной, является важнейшей задачей моделирования, так как любые исследования на неадекватной модели теряют смысл.

С ростом адекватности и точности модели возрастают как ее стоимость, так и ценность для исследования, в связи с чем приходится решать вопрос о компромиссе между стоимостью модели и последствиями ошибочных решений из-за ее неадекватности исследуемому процессу. Поэтому на практике построение модели представляет собой итеративный процесс усовершенствования системы моделей, а, следовательно, и исследования объекта до тех пор, пока это считается разумным. Поэтому и оценка адекватности и точности модели представляет собой непрерывный процесс, начинающийся с началом исследования.

Рассмотрим различные толкования понятия «адекватность» с целью выявления его смыслового значения.

Адекватное (лат. *Adaequatus* – приравненный, равный) – вполне соответствующее, соразмерное, согласующееся, верное, точное, тождественное [1].

В теории познания термин адекватное служит для обозначения верного воспроизведения в представлениях, понятиях и суждениях объективных связей и отношений. В этом смысле истина определяется как адекватность мышления бытию.

Адекватность – соответствие, равенство, эквивалентность; в теории познания соответствие, сходство идеального образа и объекта. Синонимами «адекватность» являются термины: соответствие, идентичность, тождественность, нормальность, соразмерность, равноценность, сообразность, валидность и т.д.

Из всего перечисленного можно обобщить понятие «адекватность» и поставить в соответствие слова: «сходство», «близость», «валидность».

Несмотря на то, что значение слова валидность – это мера соответствия методик и результатов исследования, его можно рассматривать как синоним сходства.

Противоположным слову «адекватность» можно поставить: «различие», «не соответствие».

С точки зрения формального определения «сходства» – мера сходства, (коэффициент близости) существуют различные подходы, сводящиеся по существу к следующему.

Меру сходства определяют, как безразмерную величину для количественного определения степени похожести (сходства) объектов, либо групп объектов. Так в биологии рассматриваются различные типы нормированных [0,1] коэффициентов сходства. Основанием типов сходства является число рассматриваемых объектов [1]:

- унарные – рассматривается один объект. В эту группу входят меры разнообразия, меры концентрации.
- бинарные – рассматриваются два объекта. Это наиболее известная группа коэффициентов.
- n-арные (многоместные) – рассматривается n объектов.

В литературе рассмотрены различные количественные коэффициенты сходства (близости), из которых следует: коэффициент сходства как математический объект характеризуется определёнными свойствами, такими, например, как, шкалой измерения, возможностью сравнения одного коэффициента близости с другим. С точки зрения математического аппарата меры близости рассматриваются: в статистике, в кластерном анализе [2], изучаются в векторных пространствах.

В статье авторы предлагают алгоритм оценки адекватности модели объекту исследования на основе определения меры различия и способа её вычисления.

1. Формальная постановка задачи

1. Задано описание конечного класса (K) процессов (P_i), $P_i \in K, i = 1,2, \dots, n$.
2. Задано описание класса (Ω) моделей процессов (M_i), $M_i \in \Omega, i = 1,2, \dots, n$.
3. Задано описание соответствия между объектом и моделью $S(P_i, M_i)$.
4. Задано описание общего пространства состояния (U) объекта и модели.
5. Определено текущее состояние объекта исследования $\bar{Y}^*(t) = (Y_1^*(t), Y_2^*(t), \dots Y_m^*(t))$ ($P \in$ K) при определённых условиях R для $t \in [t_0, T]$.
6. Задано $\bar{Y}^*(t_0) = \bar{Y}_0^* \in D$ (D – множество допустимых начальных значений).
7. Определен вектор параметр $\bar{B} = (b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m)$.
8. R определяет допустимые значения параметров в виде системы ограничений

$$R = \begin{cases} b_1^{\min} \le b_1 \le b_1^{\max} \\ \dots. \\ b_{i1}^{\min} \le b_i \le b_i^{\max} \\ \dots \\ b_m^{\min} \le b_m \le b_m^{\max} \end{cases}.$$

9. При произвольных начальных значениях вектора состояния и вектора параметра имеем множество всевозможных состояний объекта т.е. $\bar{Y}^*(t, \bar{Y}_0^* \in D, \bar{B} \in R)$.

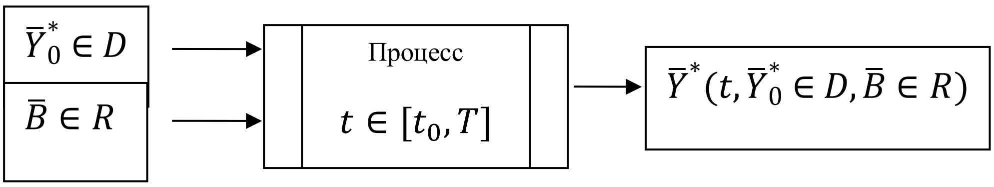

Рис. 1. Схема получения различных состояний объекта

10. Определено состояние модели объекта $\bar{Y}(t)$, $t \in [0, T']$ ($M \in \Omega$) при определённых условиях R' для $t \in [t_0, T]$.
11. Задано $\bar{Y}(t_0) = \bar{Y}_0 \in D'(D'$ – множество допустимых начальных значений).
12. Определён вектор параметр модели $\bar{A} = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_r)$.
13. R'определяет допустимые значения параметров в виде системы ограничений:

$$R' = \begin{cases} a_1^{\min} \le a_1 \le a_1^{\max} \\ \dots. \\ a_i^{\min} \le a_i \le a_i^{\max} \\ \dots \\ a_r^{\min} \le a_r \le a_r^{\max} \end{cases}.$$

14. При произвольных начальных значениях вектора состояния и вектора параметра имеем множество всевозможных состояний модели объекта т.е. $\bar{Y}(t, \bar{Y}_0 \in D, \bar{A} \in R')$.

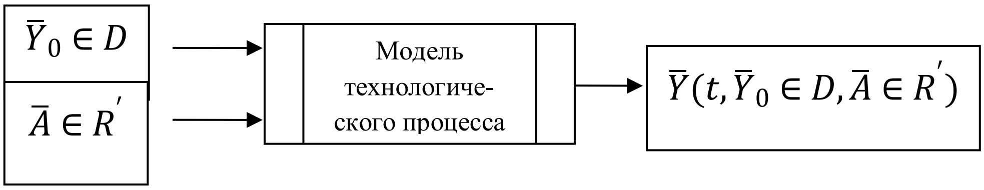

Рис. 2. Схема получения различных состояний модели объекта

Пусть задан некоторый процесс $P \in$ К и модель $M \in \Omega$ этого процесса. Мера сходства μ модели M объекту P (обозначим как $\mu(M, P)$ – это процедура, определяющая численную величину, которая характеризует близость модели объекту. Поскольку объект и модель характеризуется своими состояниями, определим меру сходства следующим образом.

Мера сходства состояния модели M и объекта P, для фиксированного вектора $\bar{B}^* = (b_1{}^*, b_2{}^*, \dots, b_i{}^*, \dots, b_m{}^*)$ – это величина $\mu(\bar{Y}(t, \bar{Y}_0 \in D, \bar{A} \in R'), \bar{Y}^*(t, \bar{Y}_0^* \in D, \bar{B} \ \in R).)$, которая характеризует близость состояния модели М объекту Р.

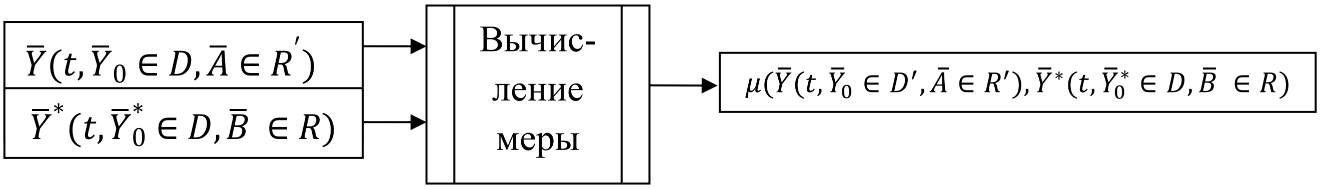

Рис. 3. Схема вычисления меры сходства объекта и модели

Согласно сказанному для определения меры сходства необходимо привести реальное время, на котором задано состояние объекта к модельному.

Для множества R' построим сетку: $S(\Delta_i)$: $\Delta_i = \frac{a_i^{max} - a_i^{min}}{n_i}$, $i = 1,2, \dots m$.

$u_i -$ j-ый узел сетки ($j = 1,2, \dots n_1, n_2 \dots n_m$).

Для узла u_i определено значение $\bar{A}$,т.е. $(a_{j1}, a_{j2} \dots, a_{jm})$.

Для узла u_i и начального состояния $\bar{Y}_0 \in D'$ определено состояние модели $\bar{Y}\big(t, \bar{Y}_0 \in D', (a_{j1}, a_{j2} \dots, a_{jm}) \in R'\big) = \bar{Y}_j(t, ..), j = 1,2, \dots n_1, n_2 \dots n_m$.

Также для определения меры сходства необходимо задать шаг дискретизации времени $t_i = t_0 + h(i-1), h = \frac{T}{N}$, N – число точек дискретизации.

Найдя меру сходства можно получить меру различия. Данная величина вычисляется, как $\gamma = 1 - \mu(M, P)$.

В данной работе модель будет считается адекватной объекту исследования в пространстве состояний, если для заданной некой количественной величины δ, мера различия $\gamma(M, P)$ меньше или равна δ.

2. Вычислительный алгоритм

Шаг 1. В пространстве параметров модели определяется матрица квадратичных невязок W_{rm} для всех пар состояния модели и объекта (таблица 1).

Таблица 1. Матрица квадратичных невязок

	$Y_1^*(t), Y_1(t)$	…	$Y_k^*(t), Y_k(t)$	…	$Y_m^*(t), Y_m(t)$
$\bar{A}_1$	$\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$
$\bar{A}_2$	$\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$
…	…	…	…	…	…
$\bar{A}_i$	$\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$
…	…	…	…	…	…
$\bar{A}_r$	$\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$

Шаг 2. В пространстве параметров модели определяется вектор минимальных квадратичных невязок $\overline{W}_{min} = (W_{min1}, W_{min2}, \dots, W_{minr})$.

Таблица 2. Определение вектора минимальных квадратичных невязок

	$Y_1^*(t), Y_1(t)$	…	$Y_k^*(t), Y_k(t)$	…	$Y_m^*(t), Y_m(t)$
$\bar{\mathrm{A}}_1$	$\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$
…	…	…	…	…	…
$\bar{\mathrm{A}}_\mathrm{r}$	$\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$
	$\min\frac{\sum(Y_1^* - Y_1)^2}{N}$	…	$\min\frac{\sum(Y_k^* - Y_k)^2}{N}$	…	$\min\frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N}$

Шаг 3. В пространстве параметров модели формируется нуль единичная матрица отклонений квадратичных невязок от минимальных W'_{rm}.

Таблица 3. Нуль-единичная матрица отклонений квадратичных невязок от минимальных

	$Y_1^*(t), Y_1(t)$	…	$Y_m^*(t), Y_m(t)$
$\bar{A}_1$	$W'_{11} = \begin{cases} 1, \text{если } \frac{\sum(\boldsymbol{Y_1^*} - \boldsymbol{Y_1})^2}{\boldsymbol{N}} - W_{min1} = 0 \\ 0, \text{если } \frac{\sum(\boldsymbol{Y_1^*} - \boldsymbol{Y_1})^2}{\boldsymbol{N}} - W_{min1} > 0 \end{cases}$	…	$W'_{1m} = \begin{cases} 1, \text{если } \frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N} - W_{min1} = 0 \\ 0, \text{если } \frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N} - W_{min1} > 0 \end{cases}$
..	..	…	..
$\bar{A}_r$	$W'_{r1} = \begin{cases} 1, \text{если } \frac{\sum(\boldsymbol{Y_1^*} - \boldsymbol{Y_1})^2}{\boldsymbol{N}} - W_{minr} = 0 \\ 0, \text{если } \frac{\sum(\boldsymbol{Y_1^*} - \boldsymbol{Y_1})^2}{\boldsymbol{N}} - W_{minr} > 0 \end{cases}$	…	$W'_{rm} = \begin{cases} 1, \text{если } \frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N} - W_{minr} = 0 \\ 0, \text{если } \frac{\sum(Y_m^* - Y_m)^2}{N} - W_{minr} > 0 \end{cases}$

Шаг 4. В пространстве параметров модели формируется вектор коэффициентов близости ($\bar{\mu}$) и различия ($\bar{\gamma}$) модели и объекта.

Таблица 4. Формирование векторов близости и различия

	$Y_1^*(t), Y_1(t)$	…	$Y_m^*(t), Y_m(t)$	$\bar{\mu}$ (0≤ $\bar{\mu} \leq 1$)	$\bar{\gamma}$ (0≤ $\bar{\gamma} \leq 1$)
$\bar{A}_1$	W'_{11}	…	W'_{1m}	$\sum_{\substack{i=1\\j=1}}^{m} W'_{1m}/m$	$1-\sum_{\substack{i=1\\j=1}}^{m} W'_{1m}/m$
…	…	…	…	…	..
$\bar{A}_r$	W'_{r1}	…	W'_{rm}	$\sum_{\substack{i=1\\j=1}}^{m} W'_{rm}/m$	$1-\sum_{\substack{i=1\\j=1}}^{m} W'_{rm}/m$

Шаг 5. В векторе коэффициентов различия определяется наилучший, для этого задается δ. Будем считать, что модель M адекватна объекту P если найдётся такое значение вектора $\bar{A} = \bar{A}' \in R'$ для которого выполняется условие $\bar{\gamma} \leq \delta$, для $t \in [0, T]$.

3. Проведение эксперимента

Рассмотрим процесс взаимодействия двух видов, находящиеся в определённом отношении между собой. Например, в качестве отношения выберем «хищничество» (один виде поедает другой). Пусть в течение определённого времени $[T_1, T_2]$. за видами, при известных условиях (U), осуществлялось наблюдение. Пространством, в котором наблюдаются виды характеризуется двумя переменными – численностью «жертв» $y(t)$ и численностью «хищников» $z(t)$. Пусть наблюдения проводились в моменты времени $t_i = t_{i-1} + h(i-1)$, при $i = 1$, $t_0 = T$; при $i = n$, $t_n = T_2$.. Все n наблюдений сведены в следующую таблицу 5.

Таблица 5. Наблюдения за объектом

Номер наблюдения	Момент наблюдения	Численность жертв	Численность хищников	Прирост жертв	Число погибших жертв	Прирост хищников	Число умерших хищников
1	t_1	y_{11}	z_{11}	y_{11}^{+}	y_{11}^{-}	z_{11}^{+}	z_{11}^{-}
2	$t_2 = t_1 + h$	y_{21}	z_{21}	y_{21}^{+}	y_{21}^{-}	z_{21}^{+}	z_{21}^{-}
…							
i	$t_i = t_1 + h(i-1)$	y_{i1}	z_{i1}	y_{i1}^{+}	y_{i1}^{-}	z_{i1}^{+}	z_{i1}^{-}
…							
n	$t_n = t_1 + h(n-1)$	y_{n1}	z_{n1}	y_{n1}^{+}	y_{n1}^{-}	z_{n1}^{+}	z_{n1}^{-}

Пусть динамика изменения численности видов представлена следующей моделью Вольтера-Лотка.

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{dt} = ay - byz \\ \dfrac{dz}{dt} = -cz + dbyz \end{cases}, \qquad (1)$$

где $a, b, c, d > 0$; $t \in [0, T], y(t_0) = y_0, z(t_0) = z_0, (y_0, z_0) \in D$.

На основе (1) построим компьютерную модель, используя метод Рунге-Кутта 4-го порядка.

В таблице 6 представлен фрагмент модели при заданных значениях параметров a, b, c, d.

Таблица 6. Фрагмент рассчета модели

t	$y_i(t)$	$z_i(t)$
0	100	20
0,01	108,1415636	23,71202467
0,02	116,4111433	29,29361936
0,03	124,4519789	37,70225289
0,04	131,6697992	50,4267108
0,05	137,1279393	69,64969999
0,06	139,4782251	98,1594328
0,07	137,0921434	138,4206454
0,08	128,6629336	190,0545513
0,09	114,3056397	246,3831703
0,1	96,27986142	294,1784542
0,11	78,08855145	320,3762831
0,12	62,51426048	320,3998392
0,13	50,61446425	299,1187692
0,14	42,15248739	265,4580011
0,15	36,40632719	227,4375399
0,16	32,65736243	190,3432195
0,17	30,34996724	156,9359782
0,18	29,09597113	128,2622589
0,19	28,63583887	104,3884397
…	…	…

На рис.4. представлены параметры модели и начальные условия для построения модели. Где t_0 – начальное время измерений, T – конечное значение времени измерения, N – кол-во точек измерений, h – шаг измерений, y_0 – начальное кол-во жертв, z_0 – начальное количество хищников. Переменные a, b, c, d – коэффициенты, отражающие взаимодействия между видами.

t_0	T	N	h
0	100	1000	0,01

$y(0)$	$z(0)$
100	20

a	b	c	d
10	0,1	35	0,5

Рис. 4. Параметры модели и начальные условия

На рис. 5 представлен фазовый портрет численности хищников и жертв.

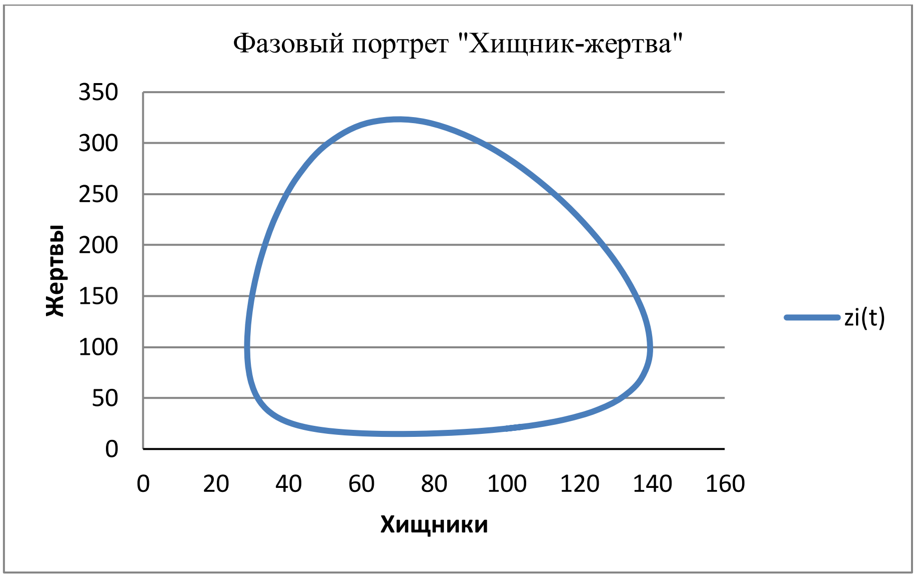

Рис. 5. Фазовый портрет численности хищников и жертв в модели

На рис. 6 представлены графики изменения численностей жертв и хищников во времени.

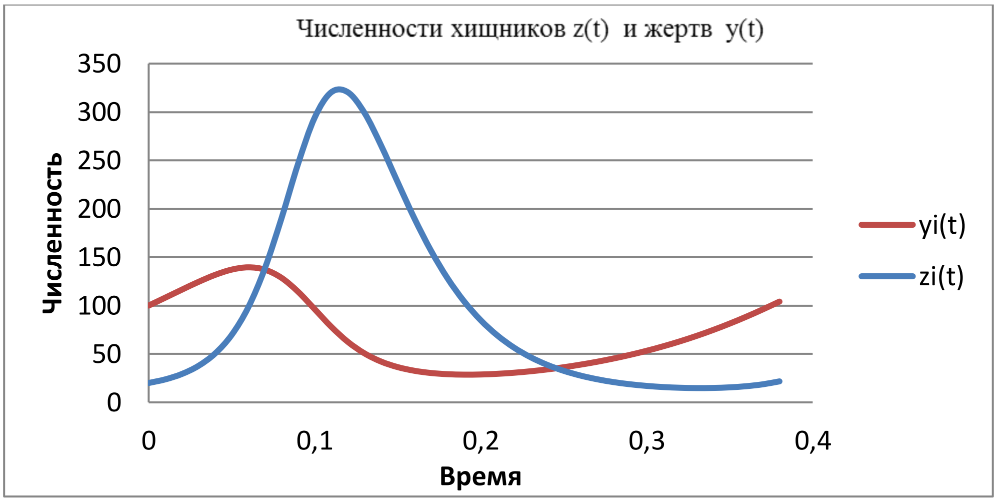

Рис. 6. Изменение числа хищников и жертв в модели на интервале [0, 0.4]

Пусть имеются реальные наблюдения о состоянии хищников и жертвы. Фрагмент таблицы наблюдений представлен в таблице 7, а графики состояний и фазовый портрет представлены на рис. 7, рис. 8 соответственно.

Таблица 7. Фрагмент наблюдений за объектом

t	$y_i(t)$	$z_i(t)$
0	100	20
0,01	106,1728	20,30821
0,02	112,6552	21,28454
0,03	119,3708	23,05703
0,04	126,2019	25,83906
0,05	132,9685	29,96076
0,06	139,4011	35,91022
0,07	145,1049	44,3756
0,08	149,5256	56,25721

t	$y_i(t)$	$z_i(t)$
0,09	151,9365	72,57282
0,1	151,4973	94,11608
0,11	147,4537	120,7249
0,12	139,5045	150,2793
0,13	128,1851	178,1964
0,14	114,9204	198,5597
0,15	101,5394	206,8372
0,16	89,56497	202,1243
0,17	79,81369	187,0411
0,18	72,45225	165,8395
0,19	67,26955	142,5201
…	…	…

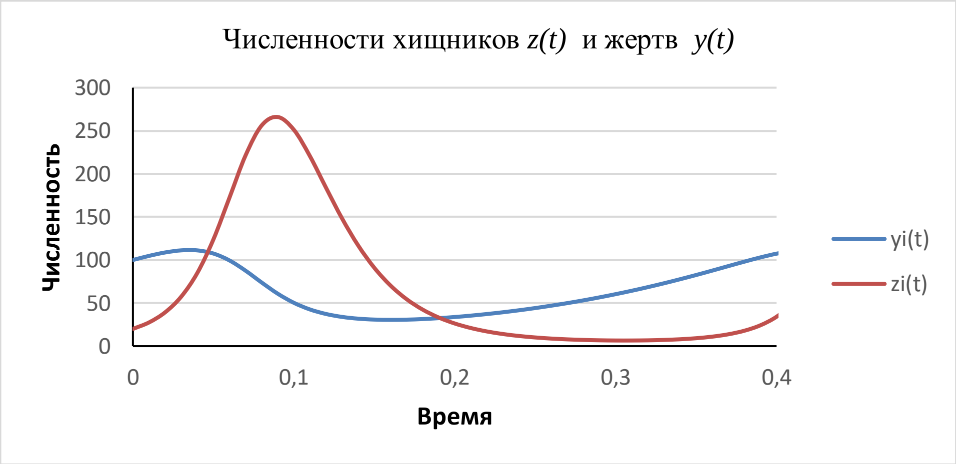

Рис. 7. Изменение числа хищников и жертв наблюдаемого объекта на интервале [0, 0.4]

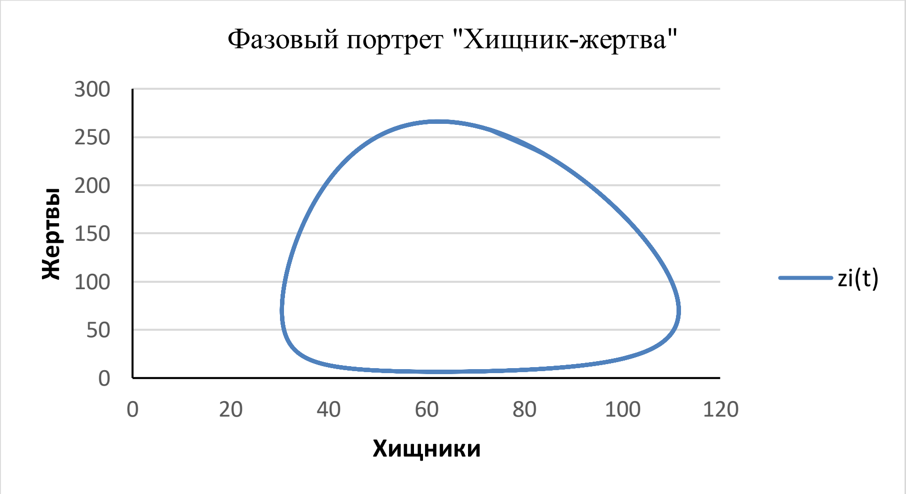

Рис. 8. Фазовый портрет числа хищников и жертв наблюдаемого объекта

Модельное время приводим к времени объекта исследования. Для модели определим множество допустимых векторов параметров. В таблице 8 представлены значения этих векторов.

Таблица 8. Множество допустимых векторов параметров модели

N	*a*	*b*	*c*	*d*
1	7	0,05	45	0,3
2	7	0,05	45	0,5
3	7	0,05	45	0,8
4	7	0,05	50	0,3
…	…	…	…	…
81	12	0,8	55	0,8

Подставляя различные вектора параметров в модель, будут формироваться различные состояния модели. Получив различные состояния модели, к ним применяется алгоритм оценки адекватности, рассмотренный выше.

Согласно алгоритму, в конце определятся вектор коэффициентов различия. Фрагмент расчетов показан в таблице 9.

Таблица 9. Фрагмент расчета вектора коэффициентов различия

Ai	*Y*	*Z*	γ
A1	1	0	0,5
A2	0	0	1
A3	1	1	0
A4	0	0	1
A5	0	0	1
A6	0	0	1
A7	0	0	1
A8	0	0	1
A9	0	0	1
A10	0	0	1
A11	0	0	1
A12	0	0	1
A13	0	0	1
A14	0	0	1
A15	0	0	1
A16	0	0	1
A17	0	0	1
A18	0	0	1
A19	0	0	1
A20	0	0	1
A21	0	0	1
...	…	…	…
A81	0	0	1

На основе этой таблицы определяется наилучший коэффициент различия состояния модели с заданным вектором параметров и объекта исследования, то есть самый минимальный. В результате эксперимента определён вектор параметра модели, при котором состояние модели и объекта наиболее близки. Полученные результаты представлены в графической форме на рисунке 10, 11.

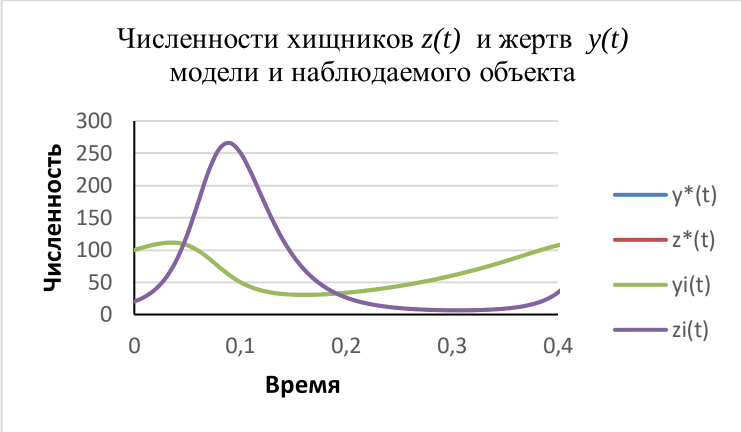

Рис. 9. Изменение числа хищников и жертв на интервале [0, 0,4] наблюдаемого объекта и модели

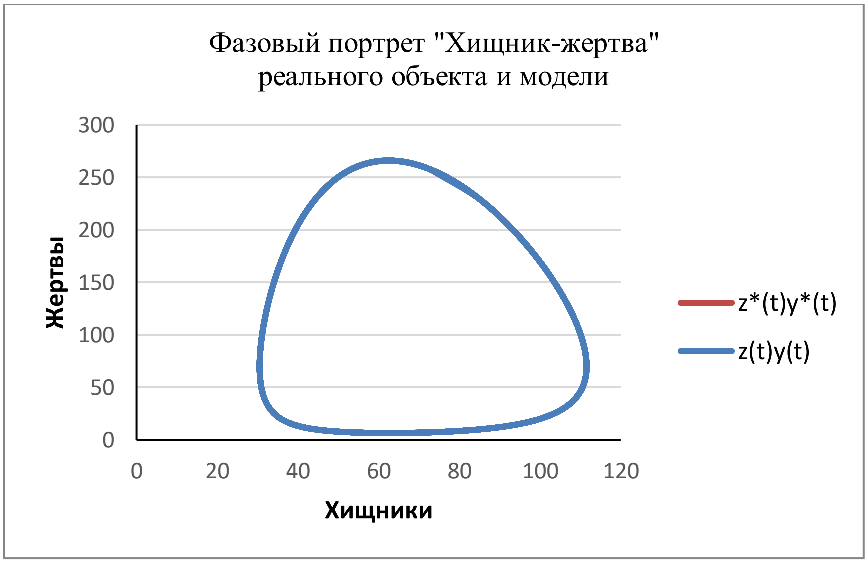

Рис. 10. Фазовый портрет числа хищников и жертв наблюдаемого объекта и модели

По рисункам видно, что фазовый портрет модели и реального объекта совпал, а также совпали графики изменения численности. Это показывает, что, мы правильно рассчитали и нашли коэффициент различия модели и объекта исследования. Следовательно, нашли модель с наилучшим вектором параметров, которая наиболее близка по состоянию объекту. А из этого следует, что наша модель адекватна исследуемому объекту.

Заключение

Разработанный алгоритм может быть использоваться для следующего класса задач:

- проверка соответствия объекта с заданным вектором параметров и построенной модели с тем же вектором параметров;
- поиск для объекта исследования вектора параметров модели;
- вектор параметров модели и объекта исследования не совпадают.

Если возникает ситуация, что не находится ни одной меры различия удовлетворяющей δ, то алгоритм необходимо уточнить за счет уменьшения сетки области параметров и /или шага дискретизации интервала времени.

Алгоритм является переборным, однако используя современные методы и средства распределенных вычислений, можно ускорить поиск подбора необходимых параметров модели. В данный момент идет работа над этим.

Список литературы

1. Адекватность // Википедия: свободная энцикл. — Электрон. дан. — [Б. м.], 2017. — [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Адекватность. — (дата обращения: 01.03.2017).
2. Синельник С.А., Коврижных О.Е. Определение меры сходства объектов в кластерном анализе / С.А Синельник., О.Е. Коврижных // Бизнес конспект. — Электрон. дан. — М., 2015. — [Электронный ресурс]. URL: http://www.konspekt.biz/index.php?text=51064. — (дата обращения: 01.03.2017).