

Анализ категорной диаграммы адапционного контура биоинструментальной информационно-измерительной системы

В.Ю. Наумов, Ю.П. Муха, О.А. Авдеюк, М.Г. Скворцов, Л.В. Дружинина

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: В статье проведен анализ адапционного контура, который представляет собой интегральный уровень управления гомеопэтической системы организма, направленный на оптимальное поддержание метаболизма организма в целом. Указано, что для сложных измерительных задач целесообразно использовать принципы построения измерительных систем, сформулированные в терминах системных функций с использованием фрактально-категориального подхода. Сделан вывод, что функторные и категорные отображения делают анализ регуляции процесса кроветворения более полным и наглядным, а возможность дальнейшей декомпозиции позволяет исследователю проводить более детальное исследование, наглядно отображает процессы адаптации организма при внешних воздействиях и естественным образом способствует построению автоматизированных измерительных систем, для которых рассматриваемый адапционный контур является моделью биопреобразователя информации о процессах кроветворения, входящего в состав биоинструментальной измерительной системы.

Ключевые слова: структурно-аналитический метод, информационно-измерительная система, информационные потоки, гомеопэтическая система, категорная диаграмма, функторы, адапционный контур, биоинструментальная информационно-измерительная система, управляющий сигнал, измерения.

Введение. Авторами в статье [1] было показано, что построение математической модели при оценке функционального состояния человека без использования системного подхода является весьма громоздкой задачей, так как многоуровневые обратные связи имеют сложное аналитическое представление. И поскольку организм человека в трудах по физиологии рассматривается как сложная динамическая система, взаимодействующая с внешней средой, целесообразно изучение связи элементов внешней среды, биологического объекта и используемых измерительных средств в рамках единого системного подхода. Таким образом, анализ и синтез измерительных систем в рамках такого направления является актуальным для изучения сложных биологических систем [2-11].

Постановка задачи. В статье [1] авторы привели категорную диаграмму адапционного контура, который представляет собой

интегральный уровень управления гомеопэтической системы организма, направленный на оптимальное поддержание метаболизма организма в целом, в которой были приняты следующие обозначения: Q - пространство внешних воздействий, X - пространство уровней управления, I - пространство внутренней среды организма, F - множество форменных элементов крови, \mathbf{R} , \mathbf{Y} , \mathbf{Z} , \mathbf{W} , \mathbf{S} - функторные отображения из категории в категорию; морфизмы между объектами категорий представлены стрелками с малыми греческими буквами, при этом нижний индекс морфизма указывает направление, с которого начинается информационный поток, верхний – обозначает порядковый номер информационного потока с объекта

Рассмотрим функторное отображение \mathbf{R} категории внешних воздействий на объекты уровней управления: отображение $Q^k \mapsto \mathbf{R}(Q^k)$, сопоставляющее каждому объекту Q^k из категории Q объект $\mathbf{R}(Q^k)$ из X ; отображение $\mathbf{R}(Q_j^k, Q_l^k): \text{Hom}_Q(Q_j^k, Q_l^k) \rightarrow \text{Hom}_X(\mathbf{R}(Q_j^k), \mathbf{R}(Q_l^k)), j \neq l$.

В рассматриваемом случае происходит отображение объекта $Q^k \in Q$ в объекты категории X , которое можно представить в виде: $\mathbf{R}: \text{Hom}(Q^k, h), h \in X = \{X_2, X_3, X_4\}$.

Данное отображение характеризует адаптационную реакцию уровней управления кроветворной функциональной системы на множество внешних воздействий.

Анализ модели адаптационного контура. Рассмотрим функторное отображение \mathbf{Y} категории управления кроветворной системой на категорию МФЭК: отображение $X_j^l \mapsto \mathbf{Y}(X_j^l)$, сопоставляющее каждому объекту X_j^l из X объект $\mathbf{Y}(X_j^l)$ из F , где l, j – индексы, однозначно определяющие

объект; отображение $\mathbf{Y}(X_j^l, X_p^k): \text{Hom}_X(X_j^l, X_p^k) \rightarrow \text{Hom}_F(\mathbf{Y}(X_j^l), \mathbf{Y}(X_p^k))$.

В рамках рассматриваемой модели адаптивного контура вышеопределенный функтор \mathbf{Y} осуществляет отображение объектов $X_1, X_3, X_4 \in X$ в моноид $F: \mathbf{Y}: \text{Hom}(X, F)$. То есть, $X_4 \mapsto \mathbf{Y}(X_4)$ отражает организменный уровень воздействия на МФЭК (множество форменных элементов крови), $X_3 \mapsto \mathbf{Y}(X_3)$ - межклеточный уровень воздействия, $X_1 \mapsto \mathbf{Y}(X_1)$ - геномно-ядерный уровень воздействия, а $\mathbf{Y}: \text{Hom}_X(h) \rightarrow \text{Hom}_F(\mathbf{Y}(h)), h \in \{X_2, X_3, X_4\}$ - отражает баланс организменного, межклеточного и геномно-ядерного воздействий на МФЭК.

Изменение МФЭК приводит к изменению состояния внутренней среды организма, что можно представить функторным отображением \mathbf{S} моноида F в категорию I : отображение $F^k \mapsto \mathbf{S}(I_5 \cap I_6)$, сопоставляющее каждому объекту $F^k \in F$ объект $\mathbf{S}(F^k)$ из I ; отображение $\mathbf{S}(F^k, F^k): \text{Hom}_F(F^k, F^k) \rightarrow \text{Hom}_I(\mathbf{S}(F^k), \mathbf{S}(F^k))$. То есть происходит отображение всей категории F , одного объекта, в категорию I , которое можно представить в виде: $\mathbf{S}: \text{Hom}(h, I), h \in F$.

В соответствии с законами нормальной физиологии, организменный уровень управления действует на МФЭК как непосредственно, так и через стимуляцию желез внутренней секреции, имеющих как симпатическую так и парасимпатическую иннервацию и отвечающих за гемопозиндуцирующее микроокружение. То есть осуществляется функторное отображение \mathbf{Z} объекта X_4 на объект $I_1 \cap I_3$ категории I : отображение $X_4 \mapsto \mathbf{Z}(X_4)$, сопоставляющее каждому объекту $X_4 = \{X_4^1, X_4^2, X_4^3, X_4^4\} \in X$ объект $\mathbf{Z}(X_4)$ из I ; отображение $\mathbf{Z}: \text{Hom}_X(h) \rightarrow \text{Hom}_I(\mathbf{Z}(h)), h \in X_4^j$.

В соответствии с законами нормальной физиологии осуществляются отображения, описывающие иннервационное управление, которое описывает отображение Z объекта X_4^1 на объект $I_5 \cap I_6$ категории I : отображение $X_4^1 \mapsto Z(X_4^1)$, сопоставляющее каждому объекту X_4^1 объект $Z(X_4^1)$ из I ; отображение $Z: Hom(X_4^1, I_5 \cap I_6)$.

Это отображение характеризует баланс симпатических и парасимпатических воздействий, направленных на изменение метаболического состояния организма в целом: $Z: Hom(X_2, I_5 \cap I_6)$

Гомоморфное отображение $v_5^2: I_5 \cap I_6 \rightarrow I_8$ категории внутренней среды организма представляет собой отображение всех параметров состояния организма в рецепторные отклики, затем информация от множества рецепторов передается в нервную систему, тем самым, замыкая адаптивный контур: отображение $I_8 \mapsto W(I_8)$, сопоставляющее каждому объекту I_8 из I объект $W(I_8)$ в X_4 ; отображение $W(I_8, I_8): Hom_I(I_8, I_8) \rightarrow Hom_X(W(I_8), W(I_8))$.

Функторное отображение множества рецепторных откликов из категории I в категорию X представим в виде: $W: Hom(I_8, X_4)$.

Таким образом, последовательными отображениями можно по реакции МФЭК проследить и оценить входное воздействие внешней среды, описать степень напряженности адаптационных процессов кроветворной системы организма и соответствующее функциональное состояние. Многопараметрическое входное воздействие $\gamma_j(t) = Q^j \in Q$ воздействует на уровни управления кроветворной системой, в частности организменный уровень, который в зависимости от интенсивности воздействия формирует управляющий сигнал и осуществляет выбор пути управления, то есть

выполняет также и коммутативную функцию. Управляющее воздействие распространяется по нескольким подконтурам адаптации и преобразуется в МФЭК.

Заключение. Таким образом, функторные и категорные отображения делают анализ регуляции процесса кроветворения более полным и наглядным, а возможность дальнейшей декомпозиции позволяет исследователю проводить более детальное исследование, наглядно отображает процессы адаптации организма при внешних воздействиях и естественным образом способствует построению автоматизированных измерительных систем, для которых рассматриваемый адаптационный контур является моделью биопреобразователя информации о процессах кроветворения, входящего в состав биоинструментальной измерительной системы.

Литература

1. Наумов В.Ю., Муха Ю.П., Авдеюк О.А., Шевчук В.П., Авдеюк Д.Н. Структурная модель адаптационных контуров биоинструментальной информационно-измерительной системы // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4391.
2. Муха Ю. П., Авдеюк О.А., Королева И.Ю. Алгебраическая теория синтеза сложных систем. Волгоград: ВолгГТУ, 2003. 320с.
3. Муха Ю.П., Наумов В.Ю. Синтез категорной модели информационных потоков биоинструментальной ИИС при гематологических измерениях // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 6. С. 38 – 42.
4. Baez J., Dolan J. Higher dimensional algebra and topological quantum field theory // Meth. Phys, 1995. V. 36. pp. 60-105.
5. Акулов Л.Г., Будко Р.Ю., Вишневецкий В.Ю., Ледяева В.С. Структурное проектирование измерительных систем для исследования

биопотенциалов// Инженерный вестник Дона, 2012, № 4. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1476

6. Муха Ю.П., Авдеюк О.А., Акулов Л.Г., Бугров А.В., Наумов В.Ю., Мухин В.М. Биоинструментальные информационно-измерительные системы. Москва: Радиотехника, 2015. 309 с.

7. Судаков К.В. Общая теория функциональных систем . Москва: Медкнига, 1984. 224 с.

8. Рябоконт А.С. Моделирование при разработке ультразвукового мобильного монитора скорости кровотока// Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/907

9. Наумов В.Ю., Муха Ю.П. Биоинструментальная измерительная система в гематологических исследованиях // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2010. № 4. С. 27 – 32.

10. Муха Ю.П., Королева И.Ю., Наумов В.Ю., Акулов Л.Г. Свойства фрактально-категорной модели динамической схемы физиологической функциональной системы// Биомедицинская радиоэлектроника. 2012. № 11. С. 61 – 65.

11. Schneppenheim R. Current aspects of diagnosis and treatment. 2008. 88 p.

References

1. Naumov V.Yu., Muha Yu.P., Avdeyuk O.A., Shevchuk V.P., Avdeyuk D.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4391

2. Mukha Yu. P., Avdeyuk O.A., Koroleva I.YU. Algebraicheskaya teoriya sinteza slozhnyh system [An algebraic theory of synthesis of complex systems]. Volgograd: VolgGTU, 2003. 320 p.

3. Mukha Yu.P., Naumov V.Yu. Biomedicinskaya radioelektronika (Rus). 2010. № 6. pp. 38 – 42.

4. Baez J., Dolan J. Meth. Phys, 1995. V. 36. pp. 60-105.



5. Akulov L.G., Budko R.YU., Vishneveckij V.YU., Ledyayeva V.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2012. № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine /archive /n4p2y2012/1476](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1476)
6. Mukha Yu.P., Avdeyuk O.A., Akulov L.G., Bugrov A.V., Naumov V.Yu., Muhin V.M. Bioinstrumental'nye informacionno-izmeritel'nye sistemy [Bioinstrumentation information-measuring system]. Moskva: Radiotekhnika, 2015. 309 p.
7. Sudakov K.V. Obshchaya teoriya funkcional'nyh system [The General theory of functional systems]. Moskva: Medkniga, 1984. 224 p.
8. Ryabokon' A.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2012. V. 3 URL: [URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/907](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/907)
9. Naumov V.Yu., Mukha Yu.P. Millimetrovye volny v biologii i medicine (Rus). 2010. № 4. pp. 27 – 32.
10. Mukha Yu.P., Koroleva I.Yu., Naumov V.Yu., Akulov L.G. Biomedicinskaya radioelektronika (Rus). 2012. № 11. pp. 61 – 65.
11. Schneppenheim R. Current aspects of diagnosis and treatment. 2008. 88 p.