

ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Анотація

У роботі розглянуто та узагальнено базові принципи проєктування і функціонування біотехнічних систем, надано докладні пояснення наведених термінів, що дозволяє тематично згрупувати і структуровано подавати їх при вивченні дисципліни «Основи теорії біотехнічних систем».

Ключові слова:

Техніка, біотехнічна система, принципи проєктування, функціонування, регуляція, застосування, призначення, моделювання.

Abstract

This paper examines and summarizes the basic principles of the design and functioning of biotechnical systems, provides detailed explanations of the given terms, which allows them to be thematically grouped and presented in a structured way while studying the discipline "Fundamentals of the Theory of Biotechnical Systems".

Keywords:

Technique, biotechnical system, design principles, functioning, regulation, application, purpose, modeling.

Вступ

Основи теорії біотехнічних систем (далі – ТБТС) є основоположним компонентом вивчення, дослідження та розробки біотехнічних систем будь-якого призначення. Положення і принципи ТБТС використовуються в медичному приладобудуванні, біомедичній інженерії, ергономіці, проєктуванні і розробленні будь-яких технічних систем, які безпосередньо взаємодіють з людиною. Тому сфера застосування ТБТС виходить за межі класичних дисциплін і щодня розширюється.

Актуальність статті обумовлено потребою у всебічному огляді й узагальненні засад і принципів створення біотехнічних систем для їхнього полегшеного розуміння студентами.

Метою дослідження є змістовне узагальнення понять та визначень, які визначають процеси проєктування, конструювання, виготовлення та експлуатації БТС.

Завданням цього дослідження є опрацювання основної термінологічної бази ТБТС та представлення їх в одному джерелі. Для цього необхідно розглянути термінологію щодо розробки біотехнічних систем (теоретичні основи розробки БТС, математичні основи розробки БТС, принципи функціонування БТС).

Матеріали дослідження

Базові понятійний апарат теорії біотехнічних систем розглянуто в працях [1–5]. Ми вважаємо, що читач знайомий з ним. В іншому випадку пропонуємо ознайомитись з нашою узагальнюючою працею [6] щодо базової термінології ТБТС.

Розглянемо функціональне призначення біотехнічних систем.

Функціонування БТС завжди повинно відповідати встановленим розробниками технічним вимогам до хімічної та фізичної структури системи у вигляді певного виробу, порад щодо дотримання його цілісності та правил поводження з ним. Особливістю медичних БТС є використання під час розробки медико-технічних вимог – переліку вище описаних характеристик із медичною спеціалізацією [2, с. 28].

Життєвий цикл БТС як виробу охоплює усю послідовність процесів, які забезпечують її функціонування, а саме час від проєктування виробу до його утилізації.

Регуляція функціонування БТС, яка є однією з найголовніших задач четвертого етапу розробки БТС, здійснюється на основі двох принципів: принципу адекватної взаємодії та принципу єдності інформаційного середовища.

Принцип адекватної взаємодії передбачає те, що біологічні та технічні ланки БТС мають бути фізично узгодженими, що в іншому випадку суперечить визначенню БТС [2, с. 20].

Принцип єдності інформаційного середовища передбачає те, що інформаційні потоки між біологічними та технічними ланками БТС завжди мають бути узгодженими, тобто розробники не повинні допускати розривів в цьому середовищі, щоб зберегти цілісність усієї системи [2, с. 20].

Основоположною засадою розробки БТС є системний підхід – розглядання об'єкта як єдиного цілою зі системою внутрішніх зв'язків [1, с. 9]. У випадку розробки, наприклад, механічного тонометра, його фінальну конструкцію слід розглядати як узгоджену сукупність манжетки, трубок, манометра та груші.

Першою дією під час розробки БТС є ідентифікація – розпізнавання об'єкта дослідження, тобто, підбирання його повноцінного (достатнього за заданих умов) опису.

Аналіз (або ж системний аналіз) – дослідження предмету, системи або явища шляхом виділення та вивчення його складових [1, с. 12]. Аналіз біологічної складової, наприклад, функціонування серцево-судинної системи людини у процесі розробці механічного тонометра.

Протилежним за значенням до аналізу є поняття синтезу (або ж системного синтезу) – практичного чи теоретичного створення повнофункціональної системи на основі одного або декількох елементів [1, с. 13]. Прикладом синтезу, тобто створення чогось більшого на основі чогось меншого шляхом встановлення узгоджених зв'язків між складовими елементами, є виготовлення механічного тонометра з наведених вище структурних складових частин.

Етапи створення біотехнічної системи:

- вибір і аналіз біологічної складової;
- узгодження біологічної складової з інформаційним середовищем БТС;
- формування технічної складової;
- об'єднання узгодженої біологічної та технічної складових;
- випробування (зокрема клінічні) БТС.

Послідовність ідентифікація–аналіз–синтез можна вважати такою, яка логічно відповідає першому та третьому етапам розробки БТС.

Оцінювати та порівнювати БТС, як й інші об'єкти, можна на основі критеріального аналізу. Критерій – встановлена вимога, якій має відповідати система, а також ознака, за якою проводиться оцінювання об'єкта. Такий критерій, як наявність шкали з поділками на манометрі механічного тонометра, водночас відповідає і першому, і другому визначенню цього поняття. Оскільки функціональним призначенням будь-якої БТС є результативне забезпечення взаємодії біологічної та технічної складової БТС, тобто, ця взаємодія відповідає співвідношенню 1:1, то звідси випливає, що вага як біологічного, так і технічного критерію під час розробки БТС завжди дорівнює одиниці.

Моделювання – створення моделі–копії на основі об'єкта–оригіналу (живого організму або його складових) шляхом відтворення ключових характеристик оригіналу з використанням різноманітних засобів [4, с. 41]. Поняття моделювання є суміжним із поняттям синтезу, проте воно, на відміну від синтезу, має на меті досягнення попередніх, а не остаточних результатів, хоча, за відсутності критичних помилок у будові та функціонуванні створеної моделі, ці попередні результати можуть збігатися з остаточними. Основним критерієм оцінки функціонування моделі є її адекватність – відповідність моделі оригіналу за визначених умов.

Для розробки БТС використовують наступні види моделювання:

- біологічне;
- фізичне;
- імітаційне;
- математичне;
- динамічне;
- статичне.

Біологічне моделювання – відтворення оригіналу з використанням біологічних систем. Прикладом біологічної моделі є клонування вівці Доллі, використання лабораторних тварин для випробування експериментальних ліків тощо.

Фізичне моделювання – відтворення оригіналу з використанням тотожних принципів роботи та подібних структурних матеріалів. Прикладом фізичної моделі є зменшена копія літака, яку піддано аеродинамічним випробуванням.

Імітаційне моделювання – відтворення оригіналу з використанням відмінних фізичних принципів (відображення подібних значень у різних формах) або методу чорної скрині (відсутності знань про внутрішню будову оригіналу). Прикладом імітаційної моделі є відображення врожайності тієї чи іншої сільськогосподарської культури за певний проміжок часу у вигляді графіків та діаграм.

Математичне моделювання – умовне відтворення оригіналу з використанням математичних співвідношень. Прикладом математичної моделі є модель Мальтуса.

Динамічне моделювання – моделювання процесів або систем, стан яких залежить від часу. Прикладом динамічної моделі є модель броунівського руху молекул газу.

Статичне моделювання – моделювання процесів або систем, стан яких не залежить від часу. Прикладом статичної моделі є географічна карта, яка відображає незмінне положення гір, долин, морів та океанів.

Математичне моделювання БТС здійснюють, переважно, за допомогою апроксимації – наближеної формалізації процесу або явища з використанням математичних засобів.

Існують наступні апроксимаційні техніки:

- інтерполяція;
- лінеаризація;
- метод найменших квадратів.

Інтерполяція – знаходження невідомих проміжних значень функції за дискретним набором відомих значень.

Лінеаризація – метод наближеного опису нелінійних систем із використанням лінійних математичних залежностей.

Метод найменших квадратів – спосіб знаходження параметрів функції, яка відображає залежність змінних, для відомого набору експериментальних даних.

Найбільш вживаною апроксимаційною технікою є саме метод найменших квадратів.

Для встановлення зв'язку між випадковими величинами, використовують такі техніки, як кореляція – визначення наявності взаємозалежності між випадковими величинами, а також регресія – встановлення наближеної форми взаємозалежності між випадковими величинами (незалежно від наявності причинно-наслідкового зв'язку між ними).

Висновок

Результатом нашого дослідження є змістовне узагальнення існуючих понять та визначень, які визначають принципи і методологію проектування, розроблення і застосування БТС. Знання цих принципів є основою для розуміння БТС і є необхідним мінімумом для розробників БТС. Результати дослідження використовуються при викладанні дисципліни «Основи теорії біотехнічних систем» для студентів спеціальності 163 Біомедична інженерія у ВНТУ.

Список використаної літератури

1. Злепко С. М., Данильчук М. М., Загоруйко С. В. Біотехнічні системи медичного призначення. Частина перша. Біологічні та біотехнічні системи як об'єкт дослідження. Вінниця : ВНТУ, 2007. 85 с.
2. Мустецов Т. М., Нечипоренко А. С. Теорія біотехнічних систем. Харків : ХНУ імені В. Каразіна, 2015. 188 с.
3. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Основи біофізики і біомеханіки. Миколаїв : Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2011. 297 с.
4. Злепко С. М., Павлов С. В., Коваль Л. Г., Тимчик І. С. Основи біомедичного радіоелектронного апаратування. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2011. 133 с.
5. Гліненко Л. К., Павлиш В. А., Фаст В. М., Яковенко Є. І. Основи біотехнічних систем та їх моделювання. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2021. 380 с.
6. Штофель Д. Х., Гончар Б. В. Термінологічна база теорій біотехнічних систем. Молодь в науці – 2023 : Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція. Вінниця : ВНТУ, 2023. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/schedConf/presentations>

Штофель Дмитро Хуанович – канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua

Гончар Богдан Віталійович – студент групи БМІ-226, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет.

Shtofel Dmytro – Cand. Sc. (Biomedical Engineering), Associate Professor of Department of Biomedical Engineering and Optoelectronics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua

Honchar Bogdan – student of Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.