

Троянов П.П., к.т.н., Замковий Д.В. (НАУ, Україна), Троянов Д.П. (ЦМХО, Україна)

ПОБУДОВА ГРАФО-АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОКА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB-3DS MAX

На основі схематичного зображення ока, запропонованого Гюльстрандом, та акомодативного штучного кришталіка створена графо-аналітична модель, що представляє собою 6-елементне тривимірне зображення. Для побудови такої моделі було використане середовище Matlab-3ds max. Вона може застосовуватися для проведення гіпотетичного експерименту з дослідження процесу акомодативної оптичної системи ока.

Програма Matlab дає можливість моделювати об'єкти різної фізичної природи. Одному з них акомодативному штучному кришталіку (АШК) ока останнім часом приділяється підвищена увага. При заміні природного очного кришталіка на штучний, втрачається здатність до акомодативності, бо його оптична сила постійна. Це погіршує зір як поблизу, так і при погляді вдаль.

Постановка задачі. Вихідні дані: 1. В якості моделі оптичної системи ока - схематичне око, запропоноване А. Гюльстрандом (Gullstrand)[1], рис. 1. 2. Схематичне зображення АШК[2], рис. 2.

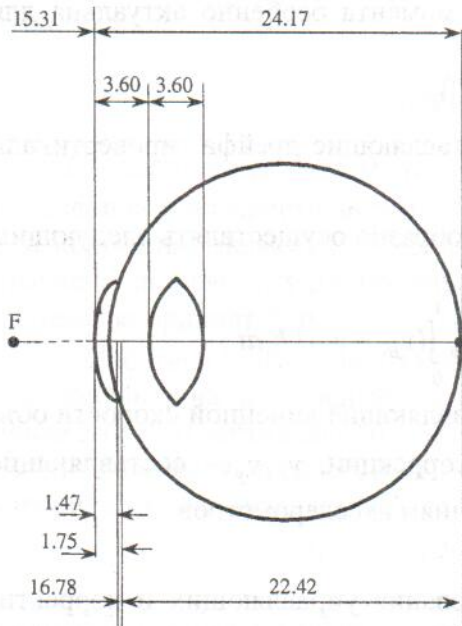


Рис. 1. Оптична модель ока, запропонована Гюльстрандом
F – передній фокус

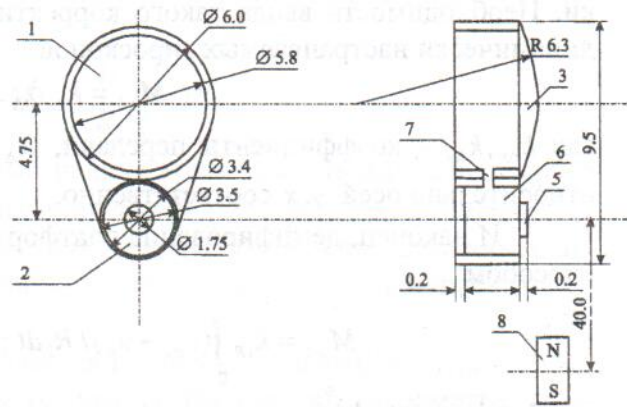


Рис. 2. Акомодативний штучний кришталік (АШК):

1 – основна оптична камера, 2 – допоміжна оптична камера, 3 – передня стінка оптичної камери (прозора мембрана), 5 – феромагнітний матеріал у формі диска, 6 – задня стінка допоміжної камери, 7 – отвір між оптичними камерами, 8 – постійний магніт

Цей кришталік має змінну оптичну силу. Необхідно побудувати графо-аналітичну модель (ГАМ) ока, що представляє собою тривимірне зображення ока з тривимірним зображенням АШК. Метод вирішення задачі полягає в використанні програмного середовища Matlab-3ds max для побудови геометрії ГАМ, що складається з 7 елементів: склера, сітківка, рогівка, природний кришталік, магнітний двигун, АШК з змінною оптичною силою, АШК з постійною оптичною силою.

Розглянемо алгоритм побудови елемента ГАМ на прикладі тривимірного зображення одного з елементів – склери. Для цього спочатку в 3ds max створюється геометричний примітив – сфера, потім він конвертується у скелет, що підлягає модифікації. Далі змінюється його геометричні розміри у відповідності до схематичного зображення

і у скелеті робиться отвір. Аналогічно створюються інші геометричні елементи. Семи-елементна модель експортується у формат VRML, що підтримується Matlab. Наводимо фрагмент програмної реалізації такого алгоритму.

```

DEF App_LF Transform {
  translation 5.803 -0.0006824 -0.8059
  rotation -1 -0.002193 -0.002196 -1.569
  children [
    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0.8078 0.8078 0.8078
          ambientIntensity 1.0
          specularColor 0 0 0
          shininess 0.145
          transparency 0
        }
      }
    }
  ]
  geometry DEF App_LF-FACES IndexedFaceSet {

```

Перевагами даного підходу є те, що завдяки застосуванню 3ds max для геометричних побудов була значно підвищена швидкість створення графічної частини моделі, оскільки програмний продукт 3ds max дозволяє формувати тривимірні геометричні моделі фізичних об'єктів різної складності відносно простими методами комп'ютерної графіки. У випадку використання Matlab в цих цілях, поверхні необхідно задавати аналітично, що потребує значно більше часу для знаходження рівнянь поверхонь, ніж побудова елементів графічним способом.

Наступним кроком була розробка програмної ієрархії моделі та програмної реалізації керуючої системи, призначеної для оперування візуальною частиною моделі. На рис. 3 наведена блок-схема ієрархії моделі.

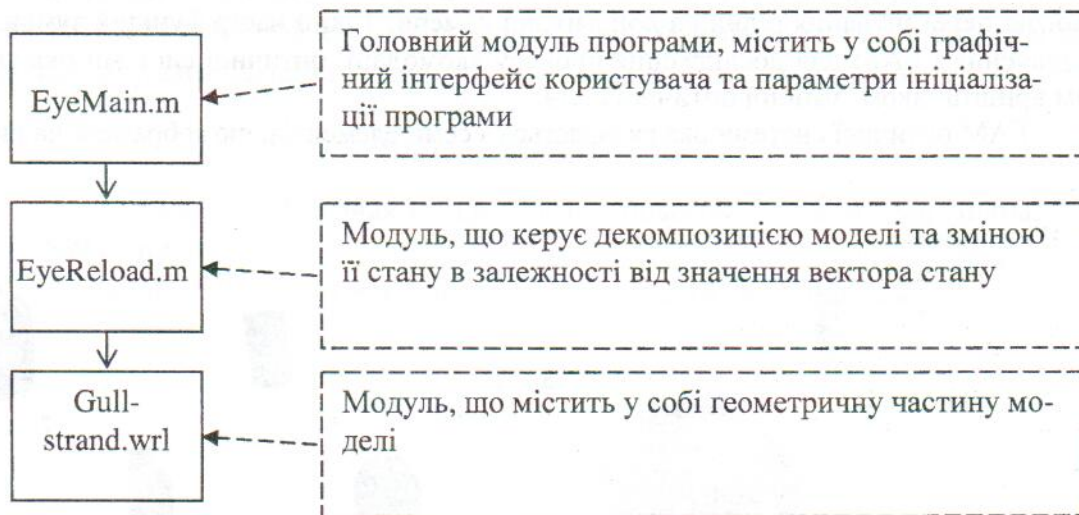


Рис. 3. Блок-схема ієрархії моделі

Функціонування моделі починається з того, що користувач задає по елементний склад зображення ока, цим формується певний вектор стану моделі. Модуль EyeReload аналізує вектор стану і перевантажує в головний модуль геометричне зображення відповідно до нього. Блок-схема алгоритму модуля EyeReload представлена на рис. 5.

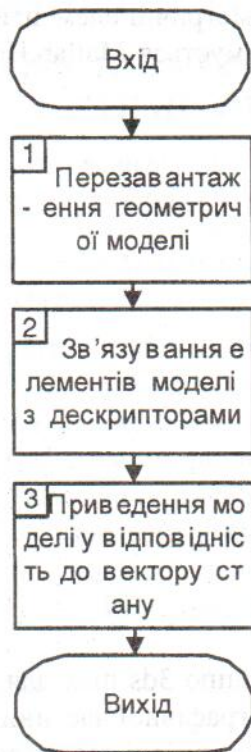


Рис. 5 Блок-схема модуля EyeReload

Керування елементами моделі здійснюється за допомогою дескрипторів, геометрична модель приводиться у відповідність до значення вектору стану і головний модуль переходить в режим очікування наступних команд.

Фрагмент програми, що реалізує другий блок алгоритму, має вигляд:

```

%
=====
% Left Side Definition START
H.App_Inner_LF = vnode(wh, 'App_Inner_LF');
H.Sphere05_LF = vnode(wh, 'Sphere05_LF');
H.Zr_Hole_Cylinder_LF = vnode(wh,
'Zr_Hole_Cylinder_LF');
H.App_Wall_LF = vnode(wh, 'App_Wall_LF');
H.Centre_Lens_LF = vnode(wh, 'Centre_Lens_LF');
H.App_LF = vnode(wh, 'App_LF');
H.Zr_LF = vnode(wh, 'Zr_LF');
% Left Side Definition END
%
=====
  
```

Головний модуль EyeMain.m забезпечує управління ГАМ в наступних режимах зображення: або ліва, або права та і ліва і права частини; наявність зображення до 8 елементів в різних комбінаціях; вибір відображення або штучного або природного кришталіка; демонстрація процесу зміни оптичної сили штучного кришталіка за допомогою перекачування рідини з допоміжної камери. Такий набір функцій зумовлений призначенням ГАМ для дослідження процесу акомодатції оптичної системи ока зі штучним кришталіком змінної оптичної сили.

ГАМ оптичної системи ока складається з семи елементів, що зображені на рис. 6.

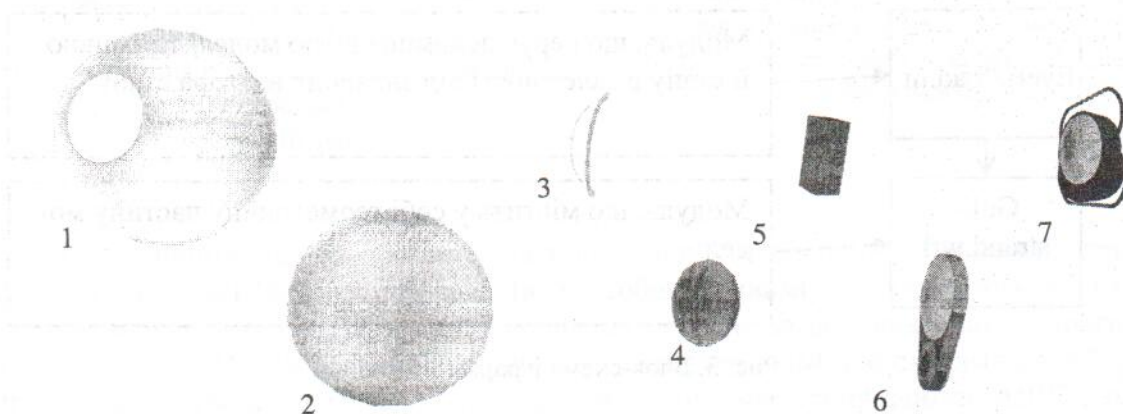


Рис. 6. Зображення елементів моделі

1 – склера, 2 – сітківка, 3 – рогівка, 4 – природний кришталік, 5 – магнітний двигун, 6 – АШК з змінною оптичною силою, 7 – АШК з постійною оптичною силою

Розріз зображення ока в графо-аналітичній моделі зі штучним кришталіком постійної оптичної сили зображений на рис. 8а, – із кришталіком змінної оптичної сили на рис. 8б.

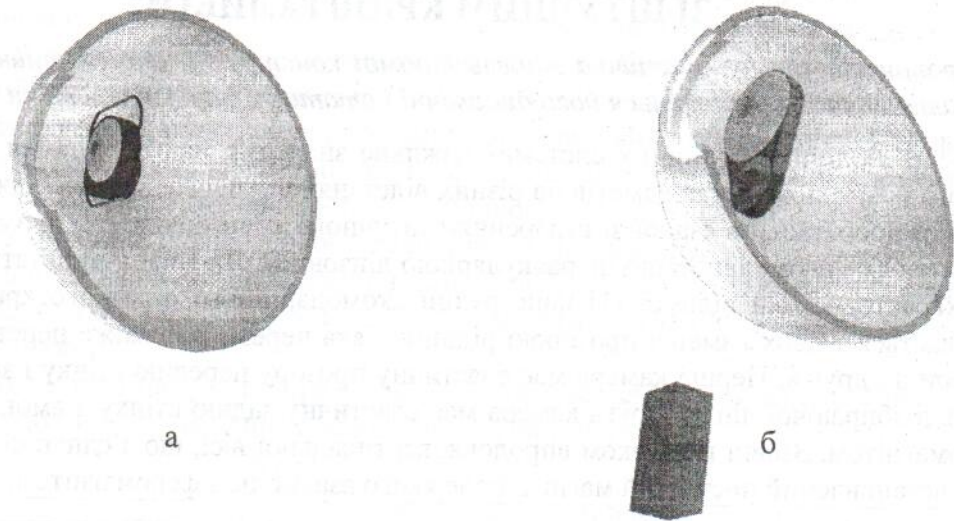


Рис. 8 Графо-аналітична модель
а – зі штучним кришталіком постійної оптичної сили,
б – із штучним кришталіком змінної оптичної сили

Висновок. Поеднання в одному середовищі двох програм – Matlab та 3ds max дозволило побудувати графо-аналітичну модель оптичної системи ока ефективніше ніж кожною з них окремо. Модель представляє собою тривимірне зображення ока, що складається з семи елементів склери, сітківки, рогівки, природного кришталіка, магнітного двигуна, акомодційних штучних кришталіків з постійною і змінною оптичними силами. Модель призначена для проведення гіпотетичного експерименту при дослідженні процесу акомодції оптичної системи ока зі штучним кришталіком.

Список літератури

1. *Глазные болезни:* Учебник/Под ред. В.Г. Копаевой. – Г52 М.: Медицина, 2002 – 560 с.: ил.
2. *Сергиенко Н.М.* Авторское свидетельство N SU 1810052 АЛ от 23.