Wojskowa Akademia Techniczna
im. Jarosława Dąbrowskiego

Wydział Cybernetyki, kierunek informatyka - inżynieria systemów

Realizacja zadania laboratoryjnego w ramach przedmiotu:

Systemy Baz Danych

Temat laboratorium:

Obiektowe Bazy Danych

Opracował: Radosław Relidzyński, **Grupa:** WCY23IX3S4

Spis treści

Wstęp teoretyczny

Baza danych – „uporządkowany zbiór danych określających wybrany fragment rzeczywistości lub problemu, które są przechowywane trwale w pamięci komputerowej do której może mieć dostęp wielu użytkowników w dowolnej chwili czasu.”

System zarządzania bazami danych – „zorganizowany zbiór narzędzi (programów komputerowych i bibliotek), które umożliwiają wykonanie podstawowych operacji na danych (CRUD) zawartych w jednej lub więcej bazach danych.”

System baz danych – jego definicja wyraża się wzorem:

$$SBD =< \{U, SO, DB, SZBD, P\}, R >$$

Gdzie:

$$U - zbiór\ urządzeń$$

$$SO - system\ operacyjny$$

$$BD - baza\ danych\ (schemat, stan, ścieżki\ dostępu)$$

$$SZBD - system\ zarządzania\ bazą\ danych$$

$$P - polecenia\ użytkownika$$

$$R - relacje\ między\ obiektami\ SBD\ a\ otoczeniem$$

[źródło: materiały z wykładu „Temporalne bazy danych” dr inż. Jarosława Koszeli]

Obiektowa baza danych – „zbiór obiektów, których zachowanie się, stan oraz związki są określone zgodnie z obiektowym modelem danych. Obiektowy system zarządzania bazą danych jest systemem wspomagającym definiowanie, zarządzanie, utrzymywanie, zabezpieczanie i udostępnianie obiektowej bazy danych.”
[źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Obiektowa_baza_danych]

Treść zadania

Ocenie podlega:

- Identyfikacja klas, metod, związków między klasami dla wybranego obszaru dziedzinowego
- Implementacja obiektowej bazy danych dla wybranego obszaru dziedzinowego wykorzystując środowisko Caché Intersystems:
- model bazy danych powinien składać się z co najmniej 6 klas;
- model bazy danych powinien zawierać:
  - metody;
  - dziedziczenie;
  - związki;
  - klasy abstrakcyjne i polimorfizm;
  - nowo zdefiniowane typy danych;
- Wypełnienie bazy danych testowymi danymi
- Pokaz wykonania metod obiektów w terminalu
- Udokumentowanie pracy w formie sprawozdania laboratoryjnego.
- Podsumowanie wykonanej pracy w szczególności uwzględniając:
  - napotkane problemy i ich rozwiązania,
  - pomysły/idee,
  - ocenę środowiska.

Środowisko

InterSystems Caché – „komercyjny operacyjny system zarządzania bazami danych firmy InterSystems, używany do tworzenia aplikacji programowych dla zarządzania opieką zdrowotną, bankowością i usługami finansowymi, administracją rządową oraz innymi sektorami. Oprogramowanie klientów może korzystać z bazy danych za pomocą kodu obiektowego i SQL.”
[źródło (tłumaczone): https://en.wikipedia.org/wiki/InterSystems_Cach%C3%A9]

Realizacja bazy danych zostanie utworzona przy pomocy IDE „Visual Studio Code” z zainstalowanymi rozszerzeniami z paczki „InterSystems ObjectScript Extension Pack”.

Źródło IDE: https://code.visualstudio.com/
Źródło paczki InterSystems:
https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=intersystems-community.objectscript-pack

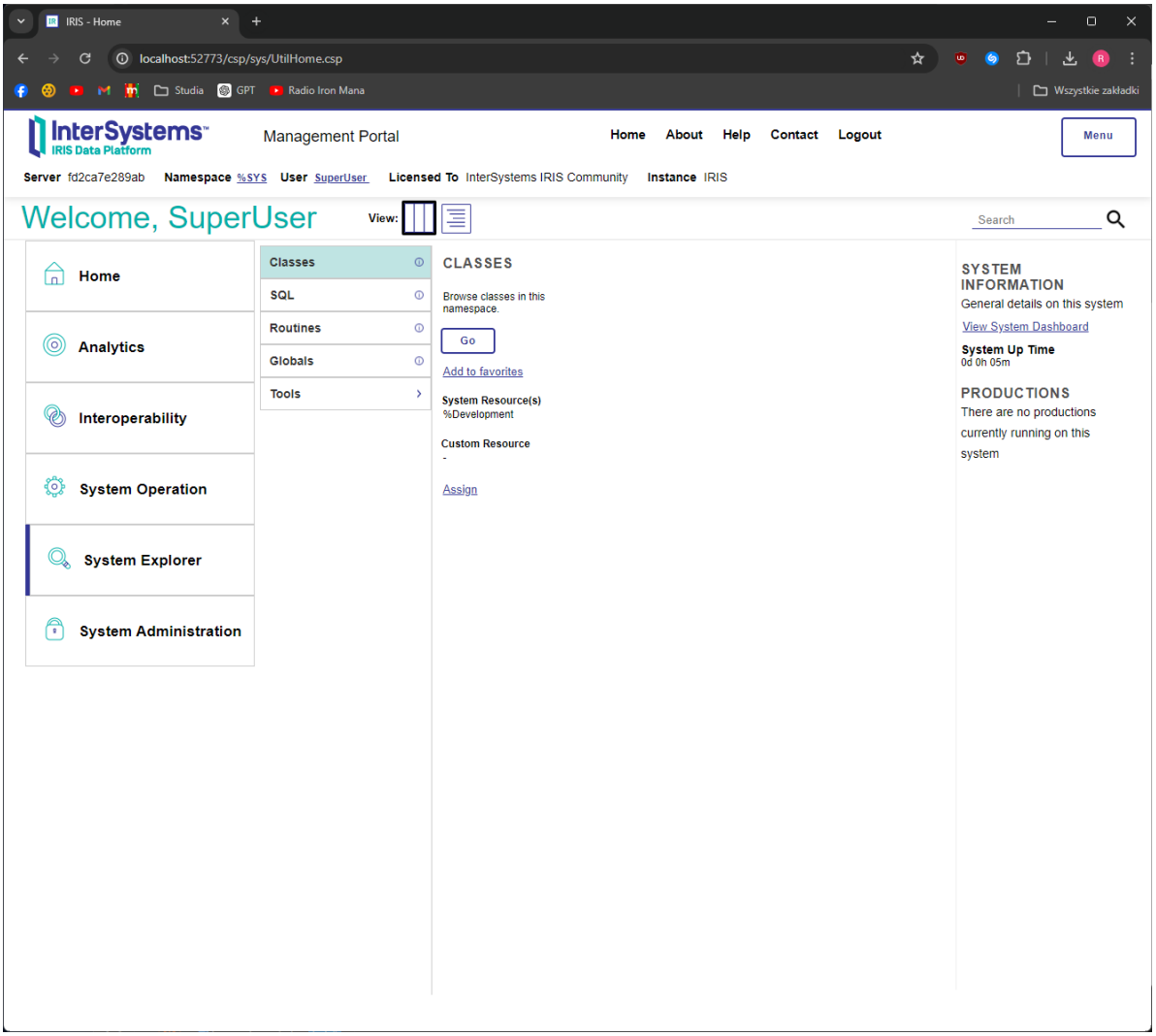
Dodatkowo utworzony zostanie serwer bazodanowy „InterSystems IRIS” przy pomocy dockera wykonując poniższe polecenie z poziomu wsl:

```
docker run -d --name my-iris -p 52773:52773 -p 1972:1972 intersystemsdc/iris-community:latest
```

```
fd2ca7e289abd0a1448b4e83453a7b0719aca515f15dd83a32276905bd5aef1d
```

Serwer dostępny będzie lokalnie pod takim linkiem:
http://localhost:52773/csp/sys/UtilHome.csp

Widok strony serwera po pomyślnym zalogowaniu się:



Przygotowanie bazy danych

Kompilowanie klas

```
Compilation started on 06/10/2024 23:04:04 with qualifiers 'cuk'
Compiling 15 classes
Compiling class EuropeAirports.Airport
Compiling class EuropeAirports.Aircraft
Compiling class EuropeAirports.FillData
Compiling class EuropeAirports.Discount
Compiling class EuropeAirports.JobRole
Compiling class EuropeAirports.Flight
Compiling class EuropeAirports.License
Compiling class EuropeAirports.Model
Compiling class EuropeAirports.Person
Compiling class EuropeAirports.TestSomeMethods
Compiling class EuropeAirports.Seat
Compiling class EuropeAirports.Ticket
Compiling class EuropeAirports.Employee
Compiling class EuropeAirports.Customer
Compiling class EuropeAirports.RoleInFlight
Compiling table EuropeAirports.Aircraft
Compiling table EuropeAirports.Airport
Compiling table EuropeAirports.Discount
Compiling table EuropeAirports.Customer
Compiling table EuropeAirports.Employee
Compiling table EuropeAirports.Flight
Compiling table EuropeAirports.License
Compiling table EuropeAirports.Model
Compiling table EuropeAirports.Person
Compiling table EuropeAirports.RoleInFlight
Compiling table EuropeAirports.Seat
Compiling table EuropeAirports.Ticket
Compiling routine EuropeAirports.Airport.1
Compiling routine EuropeAirports.Aircraft.1
Compiling routine EuropeAirports.FillData.1
Compiling routine EuropeAirports.Discount.1
Compiling routine EuropeAirports.JobRole.1
Compiling routine EuropeAirports.Flight.1
Compiling routine EuropeAirports.License.1
Compiling routine EuropeAirports.Person.1
Compiling routine EuropeAirports.Model.1
Compiling routine EuropeAirports.TestSomeMethods.1
Compiling routine EuropeAirports.Seat.1
Compiling routine EuropeAirports.Ticket.1
Compiling routine EuropeAirports.Employee.1
Compiling routine EuropeAirports.Customer.1
Compiling routine EuropeAirports.RoleInFlight.1
Compilation finished successfully in 0.869s.
```

Wypełnianie bazy danymi

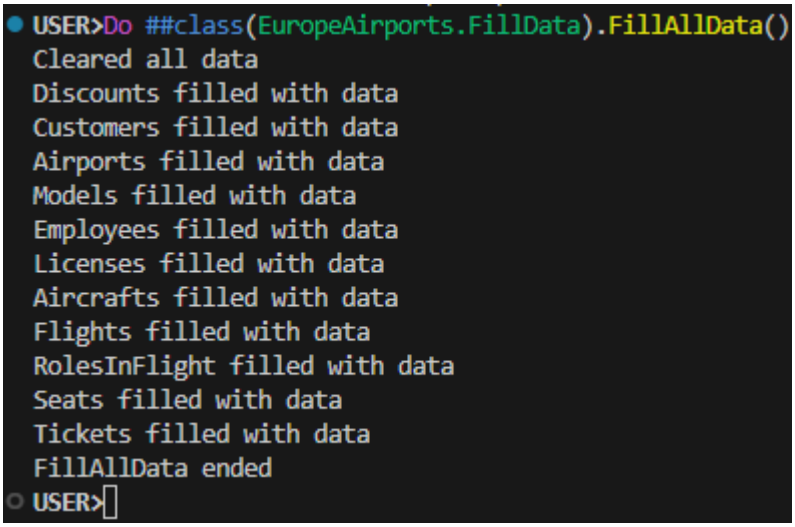
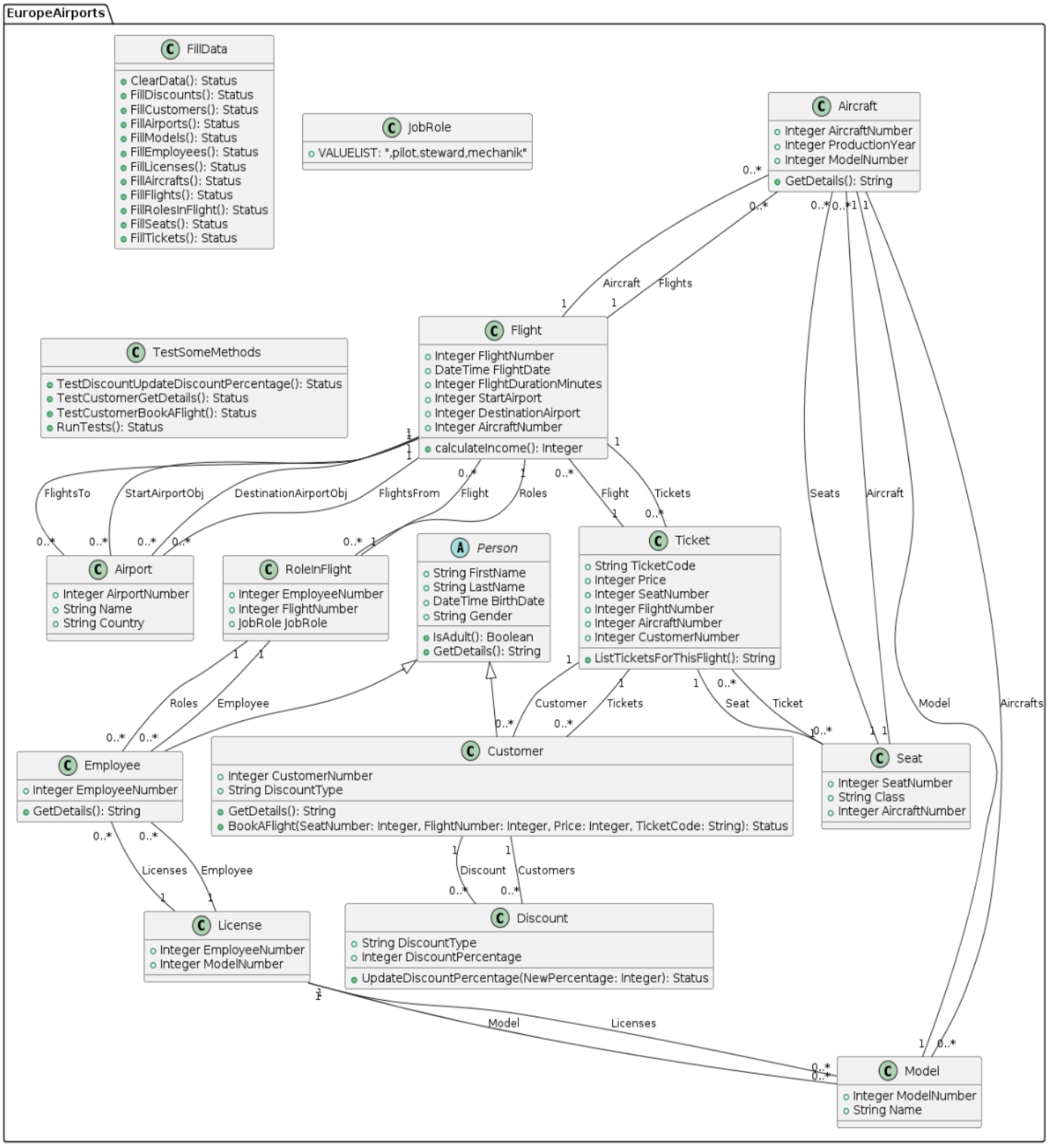

USER>Do ##class(EuropeAirports.FillData).FillAllData()
Cleared all data
Discounts filled with data
Customers filled with data
Airports filled with data
Models filled with data
Employees filled with data
Licenses filled with data
Aircrafts filled with data
Flights filled with data
RolesInFlight filled with data
Seats filled with data
Tickets filled with data
FillAllData ended
USER>

Diagram klas



Klasy i związki między nimi

Klasy

1. **Person (abstract)**

- Atrybuty:

    - FirstName: %String(MAXLEN = 20)
    - LastName: %String(MAXLEN = 20)
    - BirthDate: %DateTime
    - Gender: %String(MAXLEN = 1)

2. **Customer**

- Atrybuty:
    - CustomerNumber: %Integer
    - DiscountType: %String(MAXLEN = 20)
- Związki:
    - Tickets: Ticket (Cardinality = many, Inverse = Customer)
    - Discount: Discount (Cardinality = one, Inverse = Customers)

3. **Employee**

- Atrybuty:
    - EmployeeNumber: %Integer
- Związki:
    - Licenses: License (Cardinality = many, Inverse = Employee)
    - Roles: RoleInFlight (Cardinality = many, Inverse = Employee)

4. **Aircraft**

- Atrybuty:
    - AircraftNumber: %Integer
    - ProductionYear: %Integer
    - ModelNumber: %Integer
- Związki:
    - Model: Model (Cardinality = one, Inverse = Aircrafts)
    - Flights: Flight (Cardinality = many, Inverse = Aircraft)
    - Seats: Seat (Cardinality = many, Inverse = Aircraft)

5. **Airport**

- Atrybuty:
    - AirportNumber: %Integer
    - Name: %String(MAXLEN = 40)
    - Country: %String(MAXLEN = 20)
- Związki:
    - FlightsFrom: Flight (Cardinality = many, Inverse = StartAirportObj)
    - FlightsTo: Flight (Cardinality = many, Inverse = DestinationAirportObj)

6. **Discount**

- Atrybuty:

    - DiscountType: %String(MAXLEN = 20)
    - DiscountPercentage: %Integer(MAXVAL = 100, MINVAL = 0)
- Związki:
    - Customers: Customer (Cardinality = many, Inverse = Discount)

7. **Flight**

- Atrybuty:
    - FlightNumber: %Integer
    - FlightDate: %DateTime
    - FlightDurationMinutes: %Integer(MINVAL = 1)
    - StartAirport: %Integer
    - DestinationAirport: %Integer
    - AircraftNumber: %Integer
- Związki:
    - StartAirportObj: Airport (Cardinality = one, Inverse = FlightsFrom)
    - DestinationAirportObj: Airport (Cardinality = one, Inverse = FlightsTo)
    - Tickets: Ticket (Cardinality = many, Inverse = Flight)
    - Aircraft: Aircraft (Cardinality = one, Inverse = Flights)
    - Roles: RoleInFlight (Cardinality = many, Inverse = Flight)

8. **JobRole**

- Atrybuty:
    - VALUELIST: ",pilot,steward,mechanik"

9. **License**

- Atrybuty:
    - EmployeeNumber: %Integer
    - ModelNumber: %Integer
- Związki:
    - Employee: Employee (Cardinality = one, Inverse = Licenses)
    - Model: Model (Cardinality = one, Inverse = Licenses)

10. **Model**

- Atrybuty:
    - ModelNumber: %Integer
    - Name: %String(MAXLEN = 40)
- Związki:
    - Aircrafts: Aircraft (Cardinality = many, Inverse = Model)
    - Licenses: License (Cardinality = many, Inverse = Model)

11. **RoleInFlight**

- Atrybuty:
  - EmployeeNumber: %Integer
  - FlightNumber: %Integer
  - JobRole: JobRole
- Związki:
  - Employee: Employee (Cardinality = one, Inverse = Roles)
  - Flight: Flight (Cardinality = one, Inverse = Roles)

12. **Seat**

- Atrybuty:
  - SeatNumber: %Integer
  - Class: %String(MAXLEN = 20)
  - AircraftNumber: %Integer
- Związki:
  - Aircraft: Aircraft (Cardinality = one, Inverse = Seats)
  - Ticket: Ticket (Cardinality = one, Inverse = Seat)

13. **Ticket**

- Atrybuty:
  - TicketCode: %String(MAXLEN = 10)
  - Price: %Integer(MINVAL = 0)
  - SeatNumber: %Integer
  - FlightNumber: %Integer
  - AircraftNumber: %Integer
  - CustomerNumber: %Integer
- Związki:
  - Customer: Customer (Cardinality = one, Inverse = Tickets)
  - Flight: Flight (Cardinality = one, Inverse = Tickets)
  - Seat: Seat (Cardinality = one, Inverse = Ticket)

Związki między klasami

1. Aircraft jest związany z Model (one-to-one), Flight (one-to-many) i Seat (one-to-many).
2. Airport jest związany z Flight jako lotnisko startowe (one-to-many) i docelowe (one-to-many).
3. Customer jest związany z Ticket (one-to-many) i Discount (one-to-one).
4. Discount jest związany z Customer (one-to-many).
5. Employee jest związany z License (one-to-many) i RoleInFlight (one-to-many).
6. Flight jest związany z Airport jako lotnisko startowe i docelowe (one-to-one), Ticket (one-to-many), Aircraft (one-to-one) i RoleInFlight (one-to-many).

7. License jest związany z Employee (one-to-one) i Model (one-to-one).
8. Model jest związany z Aircraft (one-to-many) i License (one-to-many).
9. RoleInFlight jest związany z Employee (one-to-one) i Flight (one-to-one).
10. Seat jest związany z Aircraft (one-to-one) i Ticket (one-to-one).
11. Ticket jest związany z Customer (one-to-one), Flight (one-to-one) i Seat (one-to-one).

Opis elementów służących do konstrukcji klas

Metody

Metoda służąca do rezerwowania biletu przez klienta:

```
Method BookAFlight(SeatNumber As %Integer, FlightNumber As %Integer, Price As %Integer,
TicketCode As %String) As %Status
{
    Set NewTicket = ##class(EuropeAirports.Ticket).%New()
    Set NewTicket.SeatNumber = SeatNumber
    Set NewTicket.FlightNumber = FlightNumber
    Set NewTicket.Price = Price
    Set NewTicket.CustomerNumber = ..CustomerNumber
    Set NewTicket.TicketCode = TicketCode

    Set Flight = ##class(EuropeAirports.Flight).%OpenId(FlightNumber)
    If Flight = $$$NULLOREF {
        Return $$$ERROR($$$GeneralError, "Invalid FlightNumber")
    }
    Set NewTicket.AircraftNumber = Flight.AircraftNumber

    Set sc = NewTicket.%Save()
    If $$$ISERR(sc) {
        Return sc
    }

    Set sc = ..Tickets.Relate(NewTicket)
    If $$$ISERR(sc) {
        Return sc
    }

    Return $$$OK
}
```

Metoda służąca do zliczania przychodu z lotu:

```
Method calculateIncome() As %Integer
{
    Set total = 0

    For i=1:1:..Tickets.Count()
    {
```

```
        Set total = total + ..Tickets.GetAt(i).Price
    }

    Return total
}
```

Dziedziczenie

Dziedziczenie pracownika po klasie człowieka:

```
Class EuropeAirports.Employee Extends EuropeAirports.Person
```

Abstrakcja

Klasa abstrakcyjna człowiek:

```
Class EuropeAirports.Person Extends %Persistent [ Abstract ]
{

Property FirstName As %String(MAXLEN = 20) [ Required ];

Property LastName As %String(MAXLEN = 20) [ Required ];

Property BirthDate As %DateTime [ Required ];

Property Gender As %String(MAXLEN = 1) [ Required ];

Method IsAdult() As %Boolean
{
    Set ageInDays = $ZDATETIMEH($HOROLOG, 3) - $ZDATETIMEH(..BirthDate, 3)

    If ageInDays >= (18 * 365) { Return 1 }
    Else { Return 0 }
}

Method GetDetails() As %String [ Abstract ]
{
}
…
```

Polimorfizm

Nadpisywanie metody klasy nadrzecznej człowiek przez klase pracownik

```
Method GetDetails() As %String
{
    Quit ..CustomerNumber _ " " _ ..FirstName _ " " _ ..LastName _ " " _ ..Discount
}
```

Nowo zdefiniowany typ danych

Służy do ograniczania możliwych opcji przy deklaracji rodzaju roli pracownika

```
Class EuropeAirports.JobRole Extends %Library.String
{

Parameter VALUELIST = ",pilot,steward,mechanik";

}
```

Wypełnienie bazy danymi

Na przykładzie dodawania zniżek:

```
ClassMethod FillDiscounts() As %Status
{
    Set sc = $$$OK
    Try {
        Set DiscountsArray = ##class(%DynamicArray).%New()

        Do DiscountsArray.%Push({"DiscountType": "rodzinna", "DiscountPercentage": 37})
        Do DiscountsArray.%Push({"DiscountType": "student", "DiscountPercentage": 50})
        Do DiscountsArray.%Push({"DiscountType": "krwiodawca", "DiscountPercentage": 75})

        For i=0:1:DiscountsArray.%Size() -1 {
            Set DiscountDetails = DiscountsArray.%Get(i)
            Set NewDiscount = ##class(EuropeAirports.Discount).%New()
            Set NewDiscount.DiscountType = DiscountDetails.%Get("DiscountType")
            Set NewDiscount.DiscountPercentage =
DiscountDetails.%Get("DiscountPercentage")
            Set sc = NewDiscount.%Save()
            If $$$ISERR(sc) {
                Write "Error saving NewDiscount: ", $System.Status.GetErrorText(sc),!
                Return sc
            }
        }

        Write "Discounts filled with data",!
    } Catch ex {
        Write "Error FillDiscounts: ", ex.DisplayString(),!
        Set sc = $$$ERROR($$$GeneralError, ex.DisplayString())
    }
    Quit sc
}
```

Ogólna klasa do dodawania wszystkich obiektów:

```
ClassMethod FillAllData() As %Status
{
    Set sc = $$$OK
    Try {
        Set sc = ..ClearData()
        Set sc = ..FillDiscounts()
        Set sc = ..FillCustomers()
        Set sc = ..FillAirports()
        Set sc = ..FillModels()
        Set sc = ..FillEmployees()
        Set sc = ..FillLicenses()
        Set sc = ..FillAircrafts()
        Set sc = ..FillFlights()
        Set sc = ..FillRolesInFlight()
        Set sc = ..FillSeats()
        Set sc = ..FillTickets()
        Write "FillAllData ended",!
    } Catch ex {
        Write "Error FillAllData: ", ex.DisplayString(),!
        Set sc = $$$ERROR($$$GeneralError, ex.DisplayString())
    }
    Quit sc
}
```

Uruchomienie metod

Uruchomienie klasy sprawdzającej działanie 3 przykładowych metod:

Przykładowe sprawdzanie dla metody rezerwującej bilet

```
ClassMethod TestCustomerBookAFlight() As %Status
{
    Set sc = $$$OK
    Try {
        Set CustomerObj = ##class(EuropeAirports.Customer).%OpenId(41)
        If CustomerObj '= $$$NULLOREF {
            Set SeatNumber = 12
            Set FlightNumber = 10
            Set Price = 150
            Set TicketCode = "ABC123"
            Set sc = CustomerObj.BookAFlight(SeatNumber, FlightNumber, Price, TicketCode)
            If $$$ISERR(sc) {
                Write "Error booking flight: ", ##class(%SYSTEM.Status).GetErrorText(sc),
!
            } Else {
                Write "Flight booked successfully", !
            }
        } Else {
            Write "Customer object not found", !
            Set sc = $$$ERROR($$$GeneralError, "Customer object not found")
        }
    } Catch ex {
```

```
        Write "Error TestCustomerBookAFlight: ", ex.DisplayString(), !
        Set sc = $$$ERROR($$$GeneralError, ex.DisplayString())
    }
    Quit sc
}
```

Wywołanie wszystkich klas sprawdzających:

```
USER>Do ##class(EuropeAirports.TestSomeMethods).RunTests()
Starting tests for some methods in database
========================================
Current discount percentage for 'rodzinna': 37
Discount percentage updated successfully to 88
New discount percentage for 'rodzinna': 88
========================================
Customer details: 1 Kamil Madajski
========================================
Flight booked successfully
========================================
RunTests ended
USER>
```

Podsumowanie

Napotkane problemy

Identyfikatory dla klas dziedziczonych

Błąd pojawiał się w momencie zastosowania takiej deklaracji identyfikatora dla klasy dziedziczącej:

```
Property AircraftNumber As %Integer [ Identity, Required ];
```

Rozwiązaniem było dodanie tego identyfikatora w osobnej instrukcji:

```
Property EmployeeNumber As %Integer [ Required ];

Index EmployeeNumberIndex On EmployeeNumber [ Unique ];
```

Operacja quit wewnątrz obsługi błędów

Dodając quit wewnątrz catch kompilator podkreślał, że ta operacja jest niemożliwa, rozwiązaniem było stworzenie zmiennej, która w przypadku błędu była nadpisywana, tak jak tutaj:

```
ClassMethod FillAllData() As %Status
{
    Set sc = $$$OK
```

```
    Try {
        Set sc = ..ClearData()
        Set sc = ..FillDiscounts()
        Set sc = ..FillCustomers()
        Set sc = ..FillAirports()
        Set sc = ..FillModels()
        Set sc = ..FillEmployees()
        Set sc = ..FillLicenses()
        Set sc = ..FillAircrafts()
        Set sc = ..FillFlights()
        Set sc = ..FillRolesInFlight()
        Set sc = ..FillSeats()
        Set sc = ..FillTickets()
        Write "FillAllData ended",!
    } Catch ex {
        Write "Error FillAllData: ", ex.DisplayString(),!
        Set sc = $$$ERROR($$$GeneralError, ex.DisplayString())
    }
    Quit sc
}
```

Relacja jeden do jeden

W przypadku zastosowania po obu stronach relacji „Cardinality = one” wyskakiwał błąd:

```
ERROR #5494: Inverse cardinality, 'one' is not valid, 'EuropeAirports.Seat:Ticket'
```

Rozwiązaniem było zastosowanie relacji jeden do wielu z ograniczeniem unikalności:

```
Relationship Seat As EuropeAirports.Seat [ Cardinality = many, Inverse = Ticket ];
```

```
Relationship Ticket As EuropeAirports.Ticket [ Cardinality = one, Inverse = Seat ];

Index TicketAIndex On Ticket [ Unique ];
```

Refeksja nad środowiskiem

Praca ze środowiskiem „Caché InterSystems” było dość nowym doświadczeniem ze względu na połączenie mechanizmów, które podczas dotychczasowych projektów były realizowane przez niezależne technologie. Mimo, że wszystkie były znajome, zarówno te wynikające z obiektowości bazy danych, jak i te wynikające z samego faktu bycia bazą danych, mogącą wyświetlać wartości w tabeli i posiadająca relacje między nimi, tak działanie z nimi połączonymi okazało się być czymś zupełnie nowym.

„Caché InterSystems” to środowisko pozwalające na integrację obiektowych i relacyjnych sposobów przechowywania danych. To pozwala na bardziej naturalne i intuicyjne modelowanie rzeczywistości, dzięki temu tworząc bazę danych można dokonać szerszego przekładu rzeczywistości na bazę danych. Jest ona również elastyczna, można ją

stale rozbudowywać, rozszerzając o kolejne atrybuty klas lub kolejne metody, co może zastąpić w dużym stopniu standardowy backend.