



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jméno Příjmení

Název práce

Název katedry nebo ústavu

Vedoucí bakalářské práce: Vedoucí práce

Studijní program: studijní program

Studijní obor: studijní obor

Praha ROK

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů. Tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V dne

Podpis autora

Poděkování.

Název práce: Název práce

Autor: Jméno Příjmení

Katedra: Název katedry nebo ústavu

Vedoucí bakalářské práce: Vedoucí práce, katedra

Abstrakt: Abstrakt.

Klíčová slova: klíčová slova

Title: Name of thesis

Author: Jméno Příjmení

Department: Name of the department

Supervisor: Vedoucí práce, department

Abstract: Abstract.

Keywords: key words

Obsah

1	Úvod	3
2	Použité technologie	4
2.1	Backend	4
2.1.1	Jazyk C#	4
2.1.2	ASP .NET Core Web API	4
2.1.3	Entity Framework Core	4
2.1.4	xUnit	4
2.2	Frontend	4
2.2.1	Jazyk Typescript	4
2.2.2	Angular	4
2.3	MSSQL databáze	4
2.4	Git	4
2.5	Github Actions	5
3	Návrh a architektura aplikace	6
3.1	Serverová část	6
3.1.1	Data	6
3.1.2	Services	12
3.1.3	API	16
3.1.4	Tests	28
3.2	Klientská část	28
3.2.1	Services	28
3.2.2	ViewModels	28
3.2.3	Components	28
3.3	Zajímavé problémy	28
3.3.1	ViewModels x DB entity	28
3.3.2	ViewModels v serverové i klientské části	28
	Závěr	29
	Zdroje (zatím původní obsah šablony)	30
	Seznam obrázků	31
	Seznam tabulek	32
	Seznam použitých zkratk	33
A	Přílohy	34
A.1	Uživatelská dokumentace	34
A.1.1	Vytvoření a administrace kurzu	34
A.1.2	Vytváření a vyplňování testů	34
A.1.3	Odevzdávání a hodnocení úkolů	34
A.1.4	Správa obsahu kurzu	34
A.1.5	Fórum k danému kurzu	34

A.1.6	Vytváření a správa účtů	34
-------	-----------------------------------	----

1. Úvod

Cílem je vytvořit webovou aplikaci na správu různých typů výukových kurzů. Pod kurzem si můžeme představit např. přednášku/cvičení na vysoké škole nebo předmět na základní popř. střední škole. Studenti budou moci prostřednictvím tohoto systému odevzdávat a vypracovávat testy a úkoly, které jim následně správce kurzu opraví. Aplikace bude ale také umožňovat vytvoření kurzů bez hodnocení (tzv. non-graded courses), ty mohou být vhodné např. pro různé zájmové kurzy, kde úkoly ani testy nedávají smysl. Alternativy jsou např. aplikace Bakaláři a Moodle. Na rozdíl od těchto programů nebude výsledná aplikace tak úzce zaměřená pro školy (bude ji možné snadno použít i např. na jazykové, zájmové kurzy, apod.). Program plánuju vyvíjet jako open-source, zdrojový kód bude ve veřejném repozitáři na Githubu.

(převzato ze specifikace ročníkové práce)

2. Použité technologie

2.1 Backend

2.1.1 Jazyk C#

TODO: stručný popis

2.1.2 ASP .NET Core Web API

Pro backend aplikace

TODO: popis frameworku

2.1.3 Entity Framework Core

ORM pro práci s databází

TODO: popis frameworku

2.1.4 xUnit

Framework pro unit testy

TODO: popis frameworku

2.2 Frontend

2.2.1 Jazyk Typescript

TODO: stručný popis

2.2.2 Angular

Pro frontend aplikace

TODO: stručný popis

2.3 MSSQL databáze

Databáze, ve které jsou uložena data

TODO: stručný popis

2.4 Git

Verzovací systém

TODO: stručný popis, zmínit použití branches

2.5 Github Actions

CI tool.

TODO: stručný popis, zmínit použití

3. Návrh a architektura aplikace

3.1 Serverová část

Rozdělení do projektů:

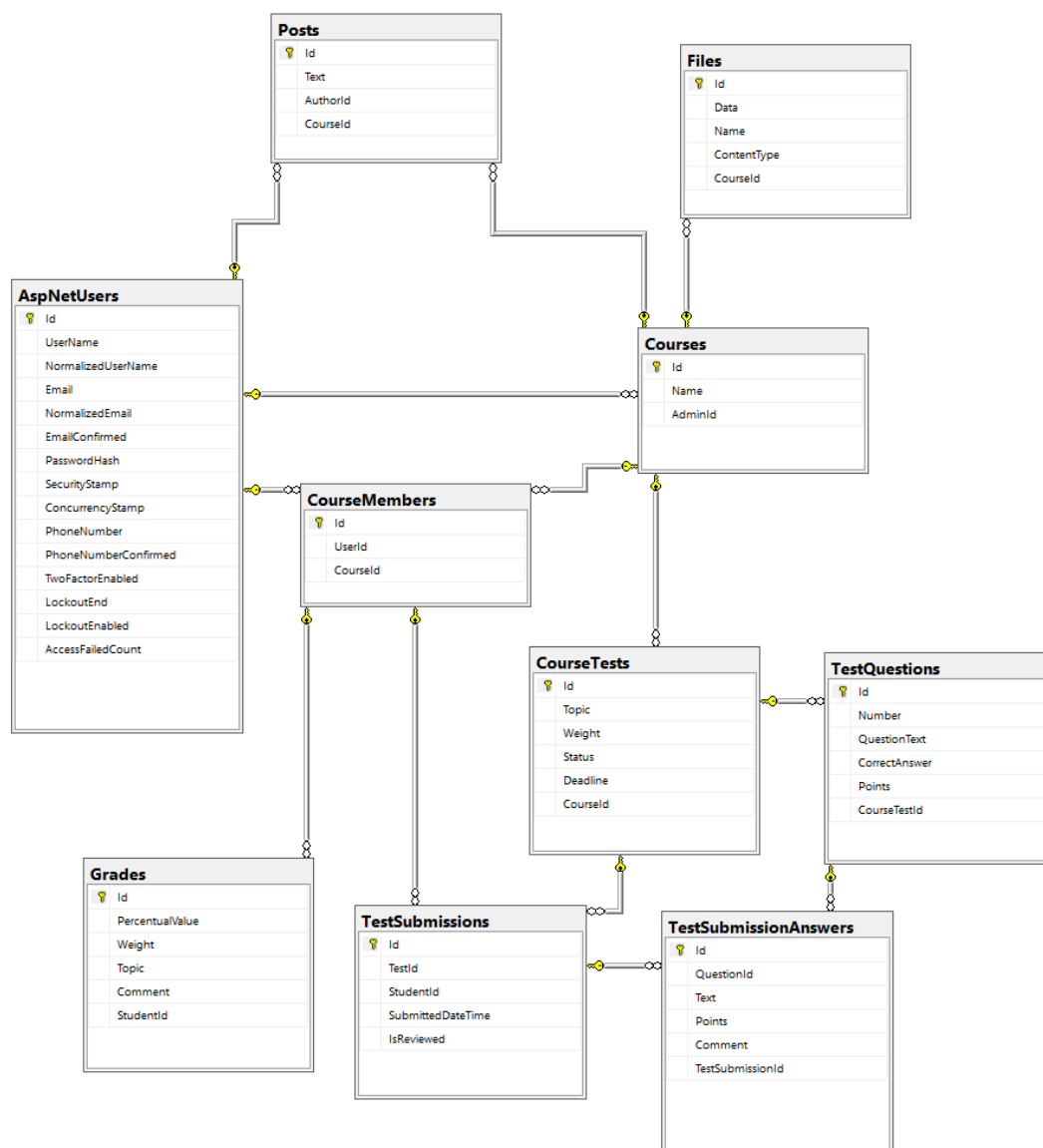
TODO: u každé dopodrobna rozepsat co obsahuje, k čemu slouží + ukázky kódu

3.1.1 Data

Tento projekt se stará primárně o komunikaci s databází, pro tento účel jsme použili ORM framework Entity Framework Core.

Ve složce Models jsou třídy reprezentující databázové entity. Každá z entit pak v databázi představuje jednu tabulku. V aplikaci jsme použili tyto entity:

Název entity	reprezentuje
Course	kurz
CourseFile	nějaký soubor sdílený v kurzu
CourseMember	členství uživatele v daném kurzu. K této entitě se pak vážou všechny známky a odeslané testy.
CourseTest	test v kurzu
ForumPost	příspěvek ve fóru k danému kurzu
Grade	známku kterou student obdržel (kromě známek z testů)
Person	uživatele aplikace
TestQuestion	1 otázku v testu
TestSubmission	test s odpověďmi odeslaný uživatelem
TestSubmissionAnswer	odpověď k dané otázce v testu



Obrázek 3.1: Databázový model aplikace

např. kód třídy Course vypadá takto:

```

public class Course : IGuidIdObject
{
    public Course()
    {
        Members = new List<CourseMember>();
        Files = new List<CourseFile>();
        Tests = new List<CourseTest>();
        ForumPosts = new List<ForumPost>();
    }

    public Course(string name, Person admin) : this()
    {
        Name = name;
        Admin = admin;
    }
}
  
```

```

    }

    /// <summary>
    /// identifier of the course
    /// </summary>
    [DatabaseGenerated(DatabaseGeneratedOption.Identity)]
    [Key]
    public Guid Id { get; set; }

    /// <summary>
    /// name of the course
    /// </summary>
    [Required]
    public string Name { get; set; }

    ...

```

Vidíme, že každá entita obsahuje veřejné vlastnosti (public properties) s gettery a settery. Tyto vlastnosti budou v databázové tabulce reprezentovány jako sloupce. Některé z nich (jako např. Id) obsahují ještě doplňující atributy, ty slouží k upřesnění informací o dané vlastnosti. Například atribut [Key] určuje, že tato vlastnost bude v databázi primární klíč, atribut [Required] určuje, že daný sloupec bude v tabulce u všech záznamů povinný (tedy hodnoty budou NOT NULL). Dále musí každá entita obsahovat konstruktor bez parametrů.

Vazby mezi entitami jsou reprezentované pomocí tzv. navigačních vlastností. V případě, že chceme vytvořit vazbu typu one-to-many mezi entitami A a B, stačí do vlastností třídy A přidat kolekci objektů typu B, a naopak do třídy B vlastnost typu A. Framework pak při provádění migrace vytvoří v databázové tabulce entity B vytvoří sloupec s cizím klíčem, který bude obsahovat identifikátor entity A, ke které patří.

V aplikaci je vazba one-to-many použita mimo jiné mezi entitami Course a CourseTest, a to tak, že každý test je obsažen v právě jednom kurzu, a v daném kurzu může být N testů. Kód pak tedy vypadá takto: ve třídě Course je kolekce objektů typu CourseTest

```

/// <summary>
/// tests in this course
/// </summary>
public ICollection<CourseTest> Tests { get; set; }

```

a ve třídě CourseTest je pak vlastnost typu Course

```

/// <summary>
/// course that contains this test
/// </summary>
[Required]
public Course Course { get; set; }

```

Po provedení databázové migrace (viz. dále) se v tabulce CourseTest vytvoří sloupec CourseId s cizím klíčem, který odkazuje na identifikátor kurzu (tzn. vlastnost Course.Id).

Také si můžeme všimnout, že všechny entity (kromě entity Person) implementují rozhraní IGuidObject. To je jednoduché rozhraní, které obsahuje pouze

jednu vlastnost - Id typu Guid. Tímto máme zajištěnou jednotu identifikátorů, tedy že všechny entity, které toto rozhraní implementují, budou mít identifikátor typu Guid.

```
/// <summary>
/// interface for object with <see cref="Guid"/> identifier
/// </summary>
public interface IGuidIdObject
{
    /// <summary>
    /// identifier of the object
    /// </summary>
    Guid Id { get; set; }
}
```

Typ Guid jsme zvolili hlavně z toho důvodu, že vestavěné tabulky frameworku (např. Identity) mají také řetězcové identifikátory. Navíc se pak zjednoduší práce ve frontend části (není potřeba parsovat string na int např. v klientské části při práci s URL). Tyto identifikátory generuje databáze, takže je zajištěno, že jsou unikátní. Další možnost by byla použít jako identifikátor číslo (např. typ int), ale vzhledem k výše uvedeným argumentům je typ Guid v tomto případě lepší možnost.

Dále se v projektu nachází také rozhraní ICourseReferenceObject a ICourseMemberReferenceObject, které slouží k tomu, abychom mohli dále v aplikaci jednotně pracovat s objekty, které mají referenci na entitu Course, resp. CourseMember. Tyto rozhraní implementují pouze nějaké entity.

V programu je dále třída CMSDbContext, která reprezentuje databázový kontext této aplikace. Každý objekt typu DbSet pak představuje jednu databázovou tabulku. Ve třídě je CMSDbContext tedy kolekce typu DbSet pro každou z entit.

```
public DbSet<Grade> Grades { get; set; }

public DbSet<Course> Courses { get; set; }

...
```

Jediná výjimka je entita Person, která dědí ze třídy IdentityUser, a jejíž DbSet je nakonfigurovaný ve frameworku.

V programu pak dále používáme ke komunikaci s databází pouze třídu CMSDbContext a objekty typu DbSet. Třída DbSet<TEntity> implementuje rozhraní IQueryable<TEntity>, takže na ní lze použít LINQ. Takže pokud bych chtěl například vybrat všechny kurzy, jejichž jméno začíná na písmeno C, pak stačí použít následující LINQ dotaz

```
dbContext.Courses.Where(course =>
    course.Name.StartsWith("C"))
```

kde proměnná dbContext je instance třídy CMSDbContext.

Ve třídě CMSDbContext je také metoda ConfigureForeignKeys, která provede konfiguraci cizích klíčů v aplikaci. Všechny políčka s cizími klíči jsou v databázi povinné (tzn. NOT NULL), to je zajištěno pomocí atributu [Required] daných vlastností. Nastavením DeleteBehavior.Restrict u cizích klíčů zajistíme, že databáze zůstane v konzistentním stavu. Pokud bychom tedy chtěli smazat entitu,

pak na ní nesmí pomocí cizích klíčů odkazovat jiné entity. V opačném případě program při zavolání metody `SaveChanges()` na databázovém kontextu vyhodí výjimku.

V programu je dále složka `Migrations`. Při vývoji byl použit princip `Code first`, tedy že v kódu specifikujeme entity pomocí klasických tříd. Framework se pak postará o vytvoření databázových tabulek z tohoto kódu.

Pokud jsem tedy nějak změním některou z entit (to může být např. přidání vlastnosti, změna jména vlastnosti, apod.), pak pomocí ORM můžeme vygenerovat soubor popisující tzv. databázovou migraci, která slouží k aplikaci změn z kódu do databáze. Ke každé migraci se vygeneruje jeden soubor, který obsahuje popis změn, které se později provedou v databázi.

K vytváření migrací jsem použijeme nástroj `CLI tools for Entity Framework Core`. <https://docs.microsoft.com/cs-cz/ef/core/cli/dotnet>. Pro vygenerování migrace ze změn v kódu použijeme příkaz:

TO-Do: přesunout přesný příkaz jinam

```
dotnet ef migrations add {migration_name}
--project CourseManagementSystem.Data
--startup-project CourseManagementSystem.API
```

Tímto se vytvoří soubor popisující změny v migraci, ale databáze zatím zůstala beze změny. Tento soubor obsahuje třídu, jenž dědí ze třídy `Migration` a obsahuje metody `Up` a `Down`. V metodě `Up` je popis změn, které se provedou při aplikaci této migrace, naopak v metodě `Down` je popis změn, které se provedou v případě odstranění migrace.

Jako příklad si můžeme představit migraci, která obsahuje přidání vlastnosti `ScoreWeight` k entitě `CourseTest` (tato vlastnost popisuje váhu testu). Vygenerovaný kód migrace vypadá takto:

```
public partial class TestWeight_added : Migration
{
    protected override void Up(MigrationBuilder
migrationBuilder)
    {
        migrationBuilder.AddColumn<int>(
            name: "ScoreWeight",
            table: "CourseTests",
            nullable: false,
            defaultValue: 0);
    }

    protected override void Down(MigrationBuilder
migrationBuilder)
    {
        migrationBuilder.DropColumn(
            name: "ScoreWeight",
            table: "CourseTests");
    }
}
```

TO-DO: přesunout syntaxi příkaz jinam

Pro promítnutí změn do databáze následně použijeme příkaz:

```
dotnet ef database update
--project CourseManagementSystem.Data
--startup-project CourseManagementSystem.API
```

Tímto tedy dojde k změnám v databázi (v našem příkladu se vytvoří sloupec `ScoreWeight` v tabulce `CourseTests`).

V obou příkazech je potřeba specifikovat cílový a startup projekt. Cílový projekt je ten, který obsahuje databázový kontext a entity naší aplikace (v tomto případě projekt `Data`). Naopak startup projekt je projekt, který je spouštěný frameworkem, což je potřeba pro získání konfiguračních informací o projektu, jako je například `connection string` do naší databáze.

3.1.2 Services

V tomto projektu se nachází pomocné služby pro komunikaci s databází.

Jako základ pro všechny služby slouží abstraktní třída `DbService`, která obsahuje referenci na databázový kontext aplikace a jedinou metodu `CommitChanges()`. Ta slouží k uložení změn provedených v databázovém kontextu do databáze.

To je potřeba, protože k uložení změn do databáze dojde až tehdy, když na databázovém kontextu zavoláme metodu `SaveChanges()`. Pokud bychom tedy například do databázového kontextu něco uložili (např. takto:

```
dbContext.Grades.Add(new Grade())
```

a nezavolali metodu `dbContext.SaveChanges()`, data by se neuložila.

```
/// <summary>
/// class representing base database service
/// </summary>
public abstract class DbService : IDbService
{
    /// <summary>
    /// context of the CMS database
    /// </summary>
    protected readonly CMSDbContext dbContext;

    /// <summary>
    /// construct a new database service
    /// </summary>
    /// <param name="dbContext">CMS database
    /// context</param>
    protected DbService(CMSDbContext dbContext)
    {
        this.dbContext = dbContext;
    }

    /// <inheritdoc/>
    public void CommitChanges()
    {
        dbContext.SaveChanges();
    }
}
```

Tato třída implementuje rozhraní `IDbService`, které obsahuje pouze metodu `CommitChanges()`.

Dále jsou ve složce `Interfaces` rozhraní pro další služby, ty jsou rozdělené podle entit (typicky máme pro jednu entitu jednu službu). Všechny tyto rozhraní také implementují rozhraní `IDbService`.

Například rozhraní `ICourseService` (slouží pro práci s kurzy) vypadá takto:

```
public interface ICourseService : IDbService
{
    /// <summary>
    /// get course by its id
    /// </summary>
```



```

    /// <param name="courseId">identifier of the
        course</param>
    /// <returns></returns>
    Course GetById(string courseId);

    /// <summary>
    /// archive course by its id
    /// </summary>
    /// <param name="courseId">id of the course to
        delete</param>
    void ArchiveById(string courseId);

    /// <summary>
    /// add the course into the database
    /// </summary>
    /// <param name="course">course to add</param>
    void AddCourse(Course course);
    ...

```

Ve složce Implementations jsou potom implementace těchto rozhraní. Můžeme vidět, že všechny implementace dědí ze třídy DbService, a zároveň také tranzitivně implementují IDbService.

Například třída CourseService, která implementuje rozhraní ICourseService vypadá takto:

```

public class CourseService : DbService, ICourseService
{
    public CourseService(CMSDbContext dbContext) :
        base(dbContext)
    { }

    /// <inheritdoc/>
    public void ArchiveById(string courseId)
    {
        Course c = GetById(courseId);
        c.IsArchived = true;
    }

    /// <inheritdoc/>
    public Course GetById(string courseId)
    {
        return dbContext.Courses.FindById(courseId);
    }

    /// <inheritdoc/>
    public void AddCourse(Course course)
    {
        dbContext.Courses.Add(course);
    }
    ...

```

Vidíme, že služby typicky pracují s databázovým kontextem, a s daty (vyhledávání, mazání, apod.). Dále si můžeme všimnout, že v žádné metodě se ne-

ukládají změny do databáze (tzn. volání metody `CommitChanges()`). To je z toho důvodu, že ve vyšších vrstvách aplikace (např. API) v jedné metodě často voláme několik služeb, příp. několik metod z jedné služby. Pokud bychom v metodách služeb přímo ukládali změny do databáze (metoda `CommitChanges()`), pak bychom se mohli lehce dostat to nekonzistentního stavu. To například tak, že při volání několika služeb v rámci jedné metody by mohla některá ze služeb vyhodit výjimku, nicméně všechny služby zavolané předtím by už data uložily.

Takže je na zodpovědnosti volajícího provést uložení změn do databáze, tedy zavolat metodu `CommitChanges()`, což je typicky poslední příkaz v dané metodě. Tím jsme tedy zajistili konzistenci dat - buď se do databáze uloží všechny změny provedené v databázovém kontextu, nebo žádné.

Dále si můžeme všimnout, že ve službách pracujeme s identifikátory typu `string`, ale v databázi používáme typ `Guid`. To je z toho důvodu, že ve vyšších vrstvách aplikace se pohodlněji pracuje se stringy (např. často dostáváme ID jako URL parametr). Převod mezi typy `string` a `Guid` pak řešíme ve službách.

Ve složce `Extensions` jsou pak pomocné extension metody pro práci s některými třídami.

Ve třídě `DbSetExtensions` se nachází extension metody pro třídu `DbSet<T>`. Vybereme si například metodu `GetCourseIdOf`, ta slouží k získání ID kurzu, ke kterému daný objekt, jenž má referenci na entitu `Course`, patří.

```
/// <summary>
/// get id of <see cref="Data.Models.Course"/> that the
/// object belongs to
/// </summary>
/// <typeparam name="T">type of items</typeparam>
/// <param name="dbSet">database set</param>
/// <param name="objectId">identifier of the object we
/// look for in <paramref name="dbSet"/></param>
/// <returns></returns>
public static string GetCourseIdOf<T>(this DbSet<T> dbSet,
    string objectId) where T : class,
    ICourseReferenceObject, IGuidIdObject
{
    return dbSet.Include(item => item.Course)
        .Single(item => item.Id.ToString() == objectId)
        .Course.Id.ToString();
}
```

Vidíme, že toto je jeden z příkladů použití rozhraní `ICourseReferenceObject`, které se nachází v projektu `Data`.

V projektu též máme rozhraní `ICourseReferenceService`, to implementují všechny služby, jejichž entity logicky patří k nějakému kurzu. Rozhraní obsahuje jedinou metodu `GetCourseIdOf(string objectId)`, která získá ID kurzu, ke kterému daná entita patří. V implementaci této metodu pak typicky používáme extension metodu `GetCourseIdOf` pro třídu `DbSet<T>`. Například ve třídě `CourseTestService` vypadá implementace takto:

```
public string GetCourseIdOf(string objectId)
{
    return dbContext.CourseTests.GetCourseIdOf(objectId);
}
```

Podobně je v projektu i rozhraní `ICourseMemberReferenceService`, které používají služby, jejichž entity mají referenci na třídu `CourseMember`.

Použitím služeb jsme odstranili duplikátní kód (např. hledání kurzu podle ID se používá na několika místech ve vyšších vrstvách), a extrahovali některé složitější dotazy do samostatných metod. To je výhodné hlavně z toho důvodu, že je pak můžeme nezávisle otestovat. Další výhoda je, že vyšší vrstvy jsou odstíněny od použití ORM (a databázového kontextu), pouze volají tyto služby.

Dále si můžeme všimnout, že ve službách používáme při komunikaci s databázovým kontextem tzv. Eager loading (pomocí metod `Include()`). To znamená, že data databázových entit které daná entita referencuje, se při výchozím chování nenačtou (pokud nepoužijeme metodu `Include`), tzn. budou mít hodnotu `NULL`.

Například pro získání testu s otázkami můžeme použít tento příkaz:

```
dbContext.CourseTests
    .Include(test => test.Questions)
```

Pokud bych volání metody `Include()` vynechal, tak by se data otázek nenačetla.

3.1.3 API

V tomto projektu se nachází API, které slouží pro komunikaci klientské části se serverovou.

Controllers

Controllery slouží primárně ke zpracování HTTP požadavků. Vidíme, že Controller je klasická C# třída, jenž dědí ze třídy ControllerBase. Ve většině případů obsahuje reference na služby (jako privátní položky).

```
[Route("api/[controller]")]
[ApiController]
[Authorize]
public class CoursesController : ControllerBase
{
    private readonly IHttpContextAccessor
        httpContextAccessor;
    private readonly ICourseService courseService;
    private readonly IPeopleService peopleService;
    private CourseTestFilter courseTestFilter;

    public CoursesController(IHttpContextAccessor
        httpContextAccessor, ICourseService courseService,
        IPeopleService peopleService)
    {
        this.httpContextAccessor = httpContextAccessor;
        this.courseService = courseService;
        this.peopleService = peopleService;
        courseTestFilter = new CourseTestFilter();
    }
    ...
}
```

Jednotlivé Controllery pak obsahují veřejné metody, jenž odpovídají HTTP endpointům.

Například následující metoda slouží k získání všech členů daného kurzu.

```
/// <summary>
/// get all course members
/// </summary>
/// <param name="id">Id of the course</param>
[HttpGet("{id}/members")]
[AuthorizeCourseAdminOf(EntityType.Course, "id")]
public IEnumerable<CourseMemberOrAdminVM>
    GetAllMembers(string id)
{
    var people = courseService.GetMembersWithUsers(id);
    return people.Select(cm => new
        CourseMemberOrAdminVM(cm.Id.ToString(),
            cm.User.UserName, cm.User.Email));
}
```

Vidíme, že je tedy označena atributem HttpGet, který zároveň obsahuje URL, přes kterou lze tuto metodu zavolat. V tomto případě je URL suffix "{id}/members".

Položka Id označuje parametr, jenž má stejnou hodnotu jako proměnná id (parametr metody). Tento suffix se připojí za URL daného Controlleru, a tím získáme celou URL k zavolání této metody. V našem případě dostaneme

"http://host/api/courses/course-id/members", kde course-id je identifikátor příslušného kurzu a host označuje URL serveru, na kterém aplikace běží. Pokud máme aplikaci spuštěnou lokálně, pak by hodnota měla být localhost:5001. Při HTTP GET dotazu na tuto URL by tedy aplikace zavolala tuto metodu, a vrátila data.

Metoda dále obsahuje atribut určený k autorizaci, pomocí něhož ověříme, že klient má dostatečná práva. V tomto případě povolíme zavolat metodu pouze administrátorům daného kurzu.

V těle metody pak zavoláme konkrétní službu, která typicky pracuje s databází. Tato služba nám vrátí data (v tomto případě všechny členy daného kurzu), které potom namapujeme na objekty typu ViewModel, a ty vrátíme.

V dalším příkladu máme metodu, která slouží k vytvoření nového kurzu.

```
/// <summary>
/// create new course
/// </summary>
[HttpPost("create")]
public void Create(AddCourseVM courseVM)
{
    string currentUserId =
        httpContextAccessor.HttpContext.GetCurrentUserId();
    Person admin = peopleService.GetById(currentUserId);
    Course createdCourse = new Course(courseVM.Name,
        admin);

    courseService.AddCourse(createdCourse);

    courseService.CommitChanges();
}
```

Tato metoda je označena atributem HttpPost, který opět obsahuje URL suffix. Pokud bychom tedy chtěli zavolat tuto metodu, pak je potřeba provést HTTP POST požadavek na URL

"http://host/api/courses/create", který v těle obsahuje JSON objekt typu AddCourseVM. Framework pak provede deserializaci objektu, a objekt (instanci třídy AddCourseVM) předá jako parametr do této metody.

V těle metody následně vytvoříme nový objekt kurzu, a pomocí příslušné služby (v tomto případě CourseService) jej přidáme k existujícím kurzům. Můžeme si všimnout, že na konci metody voláme metodu CommitChanges(), která změny zapíše do databáze.

ViewModels

ViewModels reprezentují objekty pro komunikaci mezi Frontend a Backend částí (konkrétně mezi Frontend službami a API). Tedy např. při GET dotazu vrací příslušný Controller objekt (příp. objekty) typu ViewModel. Stejně tak při POST dotazu posílá klient v těle požadavku objekt typu ViewModel.

Příklad:

```
/// <summary>
/// viewmodel for submitting a test
/// </summary>
public class SubmitTestVM
{
    public SubmitTestVM()
    {
    }

    public SubmitTestVM(string testId, string testTopic,
        bool isSubmitted, IEnumerable<SubmissionAnswerVM>
        answers, bool isTestGraded)
    {
        TestSubmissionId = testId;
        TestTopic = testTopic;
        Answers = answers;
        IsSubmitted = isSubmitted;
        IsTestGraded = isTestGraded;
    }

    /// <summary>
    /// id of the test submission
    /// </summary>
    [RequiredWithDefaultErrorMessage]
    public string TestSubmissionId { get; set; }

    /// <summary>
    /// topic of the test
    /// </summary>
    [RequiredWithDefaultErrorMessage]
    public string TestTopic { get; set; }

    /// <summary>
    /// check if the test has already been submitted
    /// </summary>
    public bool IsSubmitted { get; set; }
    ...
}
```

Tento ViewModel reprezentuje data odevzdávaného testu. Vidíme, že View-Modely jsou typicky veřejné třídy s veřejnými vlastnostmi. Dále vidíme, že View-Model má veřejný bezparametrový konstruktor, ten je volán při deserializaci dat.

Také si můžeme všimnout, že u některé vlastnosti ještě obsahují doplňující atributy (např. atribut [RequiredWithDefaultErrorMessage] u vlastnosti TestTopic). Tyto atributy slouží primárně k validaci dat.

Ve ViewModelech poměrně často používáme dědičnost, podobně jako v tomto příkladu.

```
/// <summary>
/// base viewmodel for course tests
/// </summary>
public abstract class BaseCourseTestVM
```

```

{
    protected BaseCourseTestVM()
    {
    }

    protected BaseCourseTestVM(int weight, string topic,
        ...)
    {
        ...
    }

    /// <summary>
    /// weight of the score from the test (e.g. test of
    /// weight 2 has twice bigger impact on overall score
    /// than test of weight 1)
    /// </summary>
    [PositiveIntValue]
    public int Weight { get; set; }

    /// <summary>
    /// topic of the test
    /// </summary>
    [RequiredWithDefaultErrorMessage]
    public string Topic { get; set; }

    ...
}

/// <summary>
/// viewmodel for adding a course test
/// </summary>
public class AddCourseTestVM : BaseCourseTestVM
{
    public AddCourseTestVM() : base()
    { }
}

/// <summary>
/// viewmodel representing a test in a course
/// </summary>
public class CourseTestDetailsVM : BaseCourseTestVM
{
    public CourseTestDetailsVM() : base()
    { }

    public CourseTestDetailsVM(string id, string topic,
        int scoreWeight, ...)
    : base(scoreWeight, topic, ...)
    {
        Id = id;
        Status = testStatus;
    }
}

```

```

    }

    /// <summary>
    /// id of the test
    /// </summary>
    [RequiredWithDefaultErrorMessage]
    public string Id { get; set; }

    /// <summary>
    /// status of the test
    /// </summary>
    public TestStatus Status { get; set; }
}

```

Chceme vytvořit alespoň dva ViewModely, jejichž struktura je velmi podobná a liší se jen přítomností několika málo doplňujících vlastností. Řešením je vytvořit Base třídu, která obsahuje všechny společné vlastnosti. Pro konkrétní ViewModely poté můžeme vytvořit třídy, které dědí z této rodičovské třídy, a obsahují již pouze doplňující vlastnosti.

Ve výše uvedeném příkladu máme tedy třídu BaseCourseTestVM, a od ní dědí třídy AddCourseTestVM a CourseTestDetailsVM. Tyto ViewModely slouží k přidání nového testu, resp. získání informací o daném testu.

Vidíme, že vlastnosti Id a Status se nachází pouze ve třídě CourseTestDetailsVM. Toto dává smysl, jelikož při vytváření testu ještě neznáme jeho identifikátor (objekt ještě není uložený v databázi). Podobně je to i se stavem (vlastnost Status), jelikož ten bude při vytváření vždy nastaven na New.

Bylo by samozřejmě možné oba ViewModely sloučit do jedné třídy se všemi vlastnostmi. Toto řešení je ale podle mého názoru velmi matoucí, jelikož vlastnosti Id a Status jsou při vytváření testu zbytečné.

Atributy určené k validaci

V programu používáme několik vlastních atributů, určených k validaci dat, ty se nachází ve složce Validation/Attributes. Atribut je klasická C# třída, která dědí ze třídy System.Attribute. Její název obvykle končí suffixem "Attribute".

Příklady:

```

/// <summary>
/// Validation attribute that marks this value as required
/// <br/>
/// if validation fails <see cref="defaultErrorMessage"/>
/// is displayed
/// </summary>
public class RequiredWithDefaultErrorMessageAttribute :
    RequiredAttribute
{
    /// <summary>
    /// default error message displayed ({0} is replaced
    /// by the field name that this attribute belongs to)
    /// </summary>
    public const string defaultErrorMessage = "The field
        {0} is required";
}

```



```

    public RequiredWithDefaultErrorMessageAttribute()
    {
        ErrorMessage = defaultErrorMessage;
    }
}

/// <summary>
/// Validation attribute that validates if the double
/// value is non-negative (e.g. >=0)
/// <br/>
/// if validation fails <see cref="defaultErrorMessage"/>
/// is displayed
/// </summary>
public class NonNegativeDoubleValueAttribute :
    RangeAttribute
{
    /// <summary>
    /// default error message displayed ({0} is replaced
    /// by the field name that this attribute belongs to)
    /// </summary>
    public const string defaultErrorMessage = "The field
        {0} must be non-negative";

    public NonNegativeDoubleValueAttribute() : base(0,
        double.MaxValue)
    {
        ErrorMessage = defaultErrorMessage;
    }
}

```

- NonNegativeDoubleValueAttribute - Tento atribut validuje, že vlastnost typu double, ke které patří, je nezáporné číslo. V případě, že tomu tak není, nastavíme výchozí chybovou hlášku "The field {0} must be non-negative", kde {0} je název vlastnosti, ke které atribut patří.
- RequiredWithDefaultErrorMessageAttribute - Tento atribut dědí z atributu RequiredAttribute. Pokud má příslušná vlastnost hodnotu null, nebo se jedná o řetězec, který je prázdný, nebo složený pouze z bílých znaků, tak validace selže. Atribut RequiredWithDefaultErrorMessage pak slouží jen k přidání výchozí chybové hlášky "The field {0} is required", v případě, že validace selže.

Dále jsou v aplikaci ještě použité atributy NonNegativeIntValueAttribute a PositiveIntValueAttribute.

Error Handling

V případě, že nastane chyba při deserializaci dat (např. klient pošle v těle POST dotazu nevalidní data), tak framework vyhodí výjimku a vrátí objekt, který

popisuje chybu. <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/web-api/?view=aspnetcore-5.0#automatic-http-400-responses>

Pokud nastane chyba při obsluze dotazu (např. klient se pomocí GET dotazu pokusí získat informace o nějaké již smazané entitě), pak v programu vyhodíme výjimku. Všechny výjimky jsou pak zachyceny třídou ErrorHandlerController, která funguje jako obecný Error handler. Toto je nakonfigurováno v metodě Configure(), jenž se nachází ve třídě Startup.

```
/// <summary>
/// controller for error handling
/// </summary>
[ApiExplorerSettings(IgnoreApi = true)]
public class ErrorHandlerController : ControllerBase
{
    private const string generalErrorText = "An error
        occurred while processing the request.";

    /// <summary>
    /// handle runtime error
    /// </summary>
    /// <returns></returns>
    [Route("errorHandler")]
    public IActionResult HandleError()
    {
        var context =
            HttpContext.Features.Get<IExceptionHandlerFeature>();
        var exception = context.Error; // thrown exception

        var errorDescription = new Dictionary<string,
            string[]>
        {
            { "Request failed", new string[] {
                generalErrorText } }
        };

        var errorsVM = new
            ErrorsDictionaryVM(errorDescription);
        return BadRequest(errorsVM);
    }
}
```

Metoda HandleError tedy nastaví kód odpovědi na 400 Bad Request, a vrátí objekt typu ErrorsDictionaryVM. Ten v tomto případě obsahuje obecnou hlášku "An error occurred while processing the request."

Autorizace

V programu máme také server-side autorizaci. Ta slouží k ověření toho, jestli je uživatel oprávněný provést danou akci. Základní entitou pro autorizaci je kurz (entita Course). V aplikaci tedy vždy ověřujeme, jestli je aktuální uživatel administrátor (příp. člen) kurzu, ke kterému se vztahuje daná entita (např. Course-Test).

K tomuto účelu používáme autorizační atributy, které se nachází ve složce Auth/Attributes. Abstraktní třída CourseBasedAuthorizeFilter slouží jako rodičovská třída pro všechny filtry, založené na autorizaci pomocí kurzů.

```
/// <summary>
/// filter for authorization based on <see
    cref="Data.Models.Course"/> related entity
/// </summary>
public abstract class CourseBasedAuthorizeFilter :
    IAuthorizationFilter
{
    /// <summary>
    /// type of the course related entity
    /// </summary>
    private readonly EntityType entityType;

    /// <summary>
    /// name of the field in HTTP route that contains the
        id of the entity
    /// </summary>
    private readonly string entityIdFieldName;

    /// <summary>
    /// factory for <see
        cref="Services.Interfaces.ICourseReferenceService"/>
        services
    /// </summary>
    private readonly ICourseReferenceServiceFactory
        courseReferenceServiceFactory;

    /// <inheritdoc/>
    public void OnAuthorization(AuthorizationFilterContext
        context)
    {
        if
            (context.HttpContext.User.Identity.IsAuthenticated)
        {
            string currentUserId =
                context.HttpContext.GetCurrentUserId();
            string objectId = context.HttpContext.Request
                .RouteValues[entityIdFieldName].ToString();

            var service = courseReferenceServiceFactory
                .GetByEntityType(entityType);
            string courseId =
                service.GetCourseIdOf(objectId);

            if (IsAuthorized(currentUserId, courseId,
                entityType, objectId))
            {
                // authorization passed -> proceed to
                    controller
            }
        }
    }
}
```

```

        return;
    }
}
context.Result = new UnauthorizedResult();
}

/// <summary>
/// check if the user is authorized to access the
/// course related entity
/// </summary>
/// ...
protected abstract bool IsAuthorized(string
    currentUserId, string courseId, EntityType
    entityType, string entityId);

...
}

```

Vidíme, že tato třída obsahuje typ entity (proměnná entityType), pomocí které provádíme autorizaci. Dále také název proměnné v URL, která obsahuje identifikátor této entity.

Metoda OnAuthorization se automaticky zavolá při autorizaci. V této metodě nejprve zkontrolujeme, že uživatel je přihlášený, poté získáme jeho ID (přes HttpContext) a ID dané entity. Poté získáme identifikátor kurzu, ke kterému daná entita logicky patří. Zde využíváme toho, že všechny služby implementují rozhraní ICourseReferenceService. Dále zjistíme, jestli má uživatel dostatečná práva. K tomuto účelu slouží abstraktní metoda IsAuthorized.

Jedná se o využití návrhového vzoru Template method, kdy implementaci této metody necháme na třídách, které dědí z CourseBasedAuthorizeFilter. Společné kroky autorizace nicméně implementujeme v této (rodičovské) třídě.

Pokud zjistíme, že uživatel nemá dostatečná práva, pak pouze vrátíme UnauthorizedResult, a požadovaná akce se neprovede.

Dále ještě potřebujeme v aplikaci mechanismus, který nám podle enumu EntityType vrátí příslušnou službu. K tomuto účelu používáme třídu CourseReferenceServiceFactory.

```

/// <summary>
/// factory for <see cref="ICourseReferenceService"/>
/// </summary>
public class CourseReferenceServiceFactory :
    ICourseReferenceServiceFactory
{
    ...

    private readonly IReadOnlyDictionary<EntityType,
        ICourseReferenceService> dataServices;

    public
        CourseReferenceServiceFactory(ICourseAdminService
            courseAdminService, ICourseMemberService
            courseMemberService, ...)
    {

```

```

        dataServices = new Dictionary<EntityType,
            ICourseReferenceService>
        {
            [EntityType.CourseMember] =
                courseMemberService,
            [EntityType.CourseAdmin] = courseAdminService,
            [EntityType.CourseTest] = courseTestService,
            ...
        };
    }

    /// <inheritdoc/>
    public ICourseReferenceService
        GetByEntityType(EntityType entityType)
    {
        return dataServices[entityType];
    }
}

```

Tato třída obsahuje slovník dataServices, ve kterém je pod daným klíčem typu EntityType uložená příslušná služba. V metodě GetByEntityType pak jen vrátíme položku ze slovníku. Opět využíváme toho, že všechny služby implementují rozhraní ICourseReferenceService.

V aplikaci používáme tyto autorizační filtry (všechny dědí ze třídy CourseBasedAuthorizeFilter).

- CourseAdminAuthorizeFilter - ověřuje, jestli je aktuální uživatel administrátor kurzu, ke kterému patří daná entita. Používáme v akcích, které může provádět pouze admin daného kurzu (jako např. vytváření nových testů).
- CourseAdminOrMemberAuthorizeFilter - ověřuje, zda je aktuální uživatel administrátor nebo člen kurzu, ke kterému patří daná entita. Tento filtr používáme např. v metodě pro získání všech souborů v daném kurzu.
- CourseAdminOrOwnerAuthorizeFilter - podobně jako 1. filtr slouží k ověření toho, jestli je aktuální uživatel administrátor kurzu, k němuž patří daná entita. Zároveň ale akci povolíme provést, pokud je uživatel vlastníkem dané entity. To znamená, že příslušná entita (např. odevzdaný test - entita TestSubmission) se váže k danému uživateli. Toto ověření používáme například v metodě pro získání opraveného testu.

Například třída CourseAdminOrMemberAuthorizeFilter vypadá takto:

```

public class CourseAdminOrMemberAuthorizeFilter :
    CourseBasedAuthorizeFilter
{
    private readonly IPeopleService peopleService;

    /// <inheritdoc/>
    protected override bool IsAuthorized(string
        currentUserId, string courseId, EntityType
        entityType, string objectId)
    {

```

```

        return
            peopleService.IsAdminOfCourse(currentUserId,
            courseId) ||
            peopleService.IsMemberOfCourse(currentUserId,
            courseId);
    }
    ...
}

```

Ke každému autorizačnímu filtru se pak vztahuje atribut.

```

public class AuthorizeCourseAdminOrMemberOfAttribute :
    TypeFilterAttribute
{
    public
        AuthorizeCourseAdminOrMemberOfAttribute(EntityType
        entityType, string entityIdFieldName) :
        base(typeof(CourseAdminOrMemberAuthorizeFilter))
    {
        Arguments = new object[] { entityType,
            entityIdFieldName };
    }
}

```

Vidíme, že tento atribut má konstruktor se 2 parametry, které následně předá autorizačnímu filtru.

Atributy se poté používají následujícím způsobem (v příkladu je atribut použitý na metodě Controlleru, která slouží ke stažení souboru podle daného id).

```

[HttpGet("{id}")]
[AuthorizeCourseAdminOrMemberOf(EntityType.CourseFile,
    "id")]
public IActionResult Download(string id)
{
    ...
}

```

Tímto způsobem tedy zaručíme, že k této metodě mají přístup pouze administrátoři a členové daného kurzu, ve kterém je tento soubor sdílen. Pomocí parametrů atributu popíšeme, že entita je soubor, a její identifikátor se nachází v proměnné s názvem id (což je parametr metody).

Dependency Injection

K předávání závislostí v aplikaci používáme mechanismus Dependency injection.

Používáme vestavěný IoC kontejner ve frameworku ASP .NET Core, konfigurace se nachází ve třídě Startup v metodě ConfigureServices. U každé závislosti uvedeme její rozhraní a implementaci. Závislosti vkládáme do kontejneru ve většině případů pomocí metody AddTransient. To znamená, že při každém dotazu na danou službu v kontejneru se vytvoří nová instance.

```

// add dependencies to IoC container
services.AddTransient<ICourseService, CourseService>();

```

```

services.AddTransient<IPeopleService, PeopleService>();
services.AddTransient<IGradeService, GradeService>();
...

```

Pokud by naše konfigurace vypadala takto, tak bychom do kontejneru vložili 3 závislosti. První z nich má rozhraní `ICourseService` a implementaci `CourseService`, u ostatních závislostí je to obdobně.

Pokud tedy chceme, aby do nějaké třídy, jejíž instance jsou vytvářeny frameworkem, byly dosazeny příslušné závislosti (dependencies), použijeme Constructor injection. V konstruktoru dané třídy vytvoříme pro každou požadovanou závislost 1 parametr, který bude mít stejný typ jako rozhraní dané závislosti. Framework se pak postará o dosazení parametrů podle konfigurace IoC kontejneru.

```

public CoursesController(IHttpContextAccessor
    httpContextAccessor, ICourseService courseService,
    IPeopleService peopleService)
{
    this.httpContextAccessor = httpContextAccessor;
    this.courseService = courseService;
    this.peopleService = peopleService;
    ...
}

```

V tomto případě tedy framework ví, že třída má 3 závislosti, které je potřeba vyhledat v kontejneru. Podle konfigurace poté například do parametru `courseService` dosadí novou instanci třídy `CourseService`.

Dependency injection používáme primárně v Controllerech. Nevytváříme tedy přímo instance služeb (pomocí operátoru `new`), naopak si služby vyžádáme přes parametry konstrukturu, a framework se postará o jejich správné dosazení.

Řešení pomocí Dependency injection je flexibilnější, jelikož Controller nezávisí na implementaci dané služby, ale pouze na jejím rozhraní.

3.1.4 Tests

obsahuje testy služeb TODO: dopsat

3.2 Klientská část

3.2.1 Services

slouží ke komunikaci klienta se server částí

3.2.2 ViewModels

reprezentují objekty, které se používají v komunikaci s API

3.2.3 Components

slouží k zobrazování dat, každá komponenta má 2 části: šablonu a backend

3.3 Zajímavé problémy

3.3.1 ViewModels x DB entity

Použil jsem různé objekty pro databázové entity a view-modely.

TODO: pořádně rozepsat + vysvětlit + ukázka kódu

3.3.2 ViewModels v serverové i klientské části

view-modely jsou v serverové i klientské části aplikace

TODO: pořádně rozepsat + vysvětlit + ukázka kódu

Závěr

V této práci jsem se zaměřil na...
TODO: dopsat

Zdroje (zatím původní obsah šablony)

Seznam obrázků

3.1 Databázový model aplikace	7
---	---

Seznam tabulek

Seznam použitých zkratek

A. Přílohy

A.1 Uživatelská dokumentace

Popis všech funkcí + screenshoty?

TODO: rozepsat mnohem více do detailu (krok po kroku + snímky obrazovky)
(převzato ze specifikace ročníkového projektu)

A.1.1 Vytvoření a administrace kurzu

Uživatelé budou moci vytvářet nové kurzy, administrátoři daného kurzu budou moci přidávat a odebírat členy. Každý uživatel uvidí v aplikaci seznam kurzů, kam je přihlášen.

A.1.2 Vytváření a vyplňování testů

Administrátoři kurzu budou moci vytvářet testy, které budou žáci vyplňovat. V případě otázek s nabídkou odpovědí systém správnost sám vyhodnotí, otázky s volnou odpovědí budou hodnoceny ručně. Každý uživatel pak v daném kurzu uvidí seznam známek a bude si moci opravený test zobrazit a prohlédnout. Aplikace bude rozlišovat mezi testy a kvízy (kvízy se nebudou hodnotit známkou).

A.1.3 Odevzdávání a hodnocení úkolů

Uživatelé budou moci prostřednictvím aplikace odevzdávat úkoly, které jim budou poté ohodnoceny.

A.1.4 Správa obsahu kurzu

Administrátoři kurzu budou moci editovat obsah kurzu (např. přidávat nové materiály, soubory, apod.)

A.1.5 Fórum k danému kurzu

U každého kurzu bude k dispozici fórum.

A.1.6 Vytváření a správa účtů

Uživatelé si budou moci vytvářet nové účty, správci je budou moci do daného kurzu zapsat.