

## A MŰVELETI SORREND-TERV MEGHATÁROZÁSA STEP ADATÁTVITELI TECHNIKÁK SEGÍTSÉGÉVEL

### 1. BEVEZETŐ

Jelen cikkben a [2], [8] irodalomban megkezdett kutatási téma egy újabb vonatkozását, illetve eredményét ismertetem. A cikk a számítógéppel segített tervezési technikák és alkalmazások, vagyis a CIM<sup>1</sup> egyes moduljai közötti adatátvitel és integráció kérdéseivel foglalkozik. Röviden ismertetem az integráció legújabb, szabványos módszereit, ezek szerepét a CAD<sup>2</sup>, CADD<sup>3</sup>, CAPP<sup>4</sup> és CNC rendszerek együttműködésében. A szabványosított adatátviteli technikák (ISO-STEP 10303) felölelik a mérnöki tevékenység gyakorlatilag valamennyi részterületét, ennek ellenére jelen cikkben az alkatrésztervezés és gyártás során felmerülő problémákkal foglalkozom. Az alkatrészgyártás során elsősorban a forgácsoló megmunkálásokra kívánok koncentrálni, ha a technológia ettől eltérő lenne, azt külön fogom jelezni. A kutatás egyik lényegi célkitűzése, hogy a CAD-CADD-CAPP együttműködés során felmerülő egyik legfontosabb problémára, a technológiai előtervezés második lépésére, a műveleti sorrend automatikus generálására adjon egy lehetséges megoldást a STEP adatátviteli technikák segítségével. Röviden ismertetem a CAPP alapvető eljárásait az automatizált folyamattervezés területén, majd ezek közül a generatív szintézis módszerével foglalkozom részletesebben. Napjainkban számos kutatás foglalkozik az automatizált technológiai előtervezéssel, számos új eredményt hozva. A hagyományos software-fejlesztési módszerek ezen a területen csődöt mondanak, hiszen a tervező tapasztalata és intellektusa továbbra is alapvető tényező, melyet számítógéppel pótolni az IT<sup>5</sup>jelenlegi fejlettségi szintjén nehézkes. A hagyományostól eltérő módszerek, például a szakértői rendszerek, heurisztikus optimalizálások, fuzzy logika, jelentős szerephez jutnak ezen a területen. A fuzzy logika előretörése nem kizárólag az irányítástechnika területén érzékelhető, hanem ahogy azt Pokorádi [1]-ben bemutatja, a kockázatelemzésben, valamint egyéb alkalmazásokban is érvényesül. Megállapítható továbbá, hogy amennyiben a műveleti sorrend-terv lépései tisztázhatók, ezt követően a megmunkálás kvázi-optimális tervezése a technológiai tervezés alacsonyabb szintjein már jól megoldott. Fontos erre vonatkozó eredmény Tóth megoldása a műveletek optimalizálására szigorított, kétszintű utazó-ügynök módszerrel [4]. Felismerhető, hogy a STEP-ben definiált AP 214 adatátviteli protokollban szereplő, technológiai szemléletű elemek alkalmazása igen jelentős segítséget nyújthat a CAPP alkalmazásnak a műveleti sorrend automatikus meghatározására, természetesen más módszerek (topológia, szakértői rendszerek) közreműködésével. A cikkben javaslatot teszek egy célalkalmazás elkészítésére, mely segítségével a feladat megoldható lehet. A javasolt megoldás azt a software-konfigurációt veszi figyelembe, mely esetében az egyes CIM modulok (CAD, CADD, CAPP, CAM) önálló célalkalmazásokban vannak definiálva. A STEP adatátviteli technikák lényeges szerephez jutnak a funkcionálisan és magasan integrált tervezői keretrendszerekben is (EUCLID, CATIA, UNICAD, ProEngineer), de leglényegesebb előnyeiket az adatszinten egymáshoz kapcsolt, egyébként önálló alkalmazások közti együttműködésben mutatják.

<sup>1</sup> CIM: Computer Integrated Manufacturing –számítógéppel integrált gyártás

<sup>2</sup> CAD: Computer Aided Design-számítógéppel segített tervezés

<sup>3</sup> CADD: Computer Aided Design Drauthing-számítógéppel segített rajzrészletezés

<sup>4</sup> CAPP: Computer Aided Process Planning-számítógéppel segített folyamattervezés

<sup>5</sup> IT: Information Technology-számítógéptudomány

## 2. INTEGRÁCIÓ A CIM MODULOK KÖZÖTT

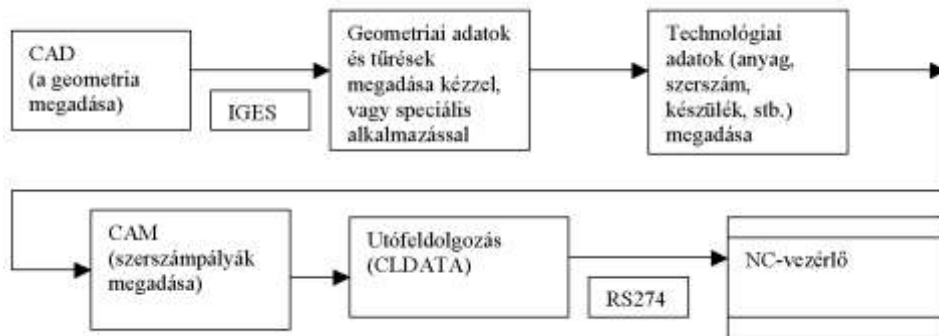
### 2.1. Az integráció szerepe, fontossága

A gépipari vállalatok működésére ható piaci-gazdasági változások a XX. sz. utolsó negyedében kikényszerítették a CIM megjelenését, hiszen a tervezői munka, valamint a gyártásirányítás területén drámai hatékonyság-növekedésre volt szükség. A termékek minőségének javulása, az erkölcsi elavulási idő csökkenése, a termékkála bővülése a mérnöki munka mennyiségének növekedését és minőségének javulását igényelte. Ennek kapcsán előtérbe kerültek a gyártmánytervezés, a gyártástervezés, valamint a minőség-ellenőrzés és gyártásirányítás területén a számítógéppel segített megoldások. Ugyanakkor a CNC vezérlések, valamint az anyagmozgatás fejlődése lehetővé tette a rugalmas gyártórendszerek megjelenését. Látható, hogy a számítógéppel segített megoldások (CAxx technikák) önmagukban is jól mérhető teljesítmény-növekedést biztosítanak a mérnöki tevékenység körében. Ha mindez kibővül a tipizálás, és a csoporttechnológia eszközeivel, a vállalatok tervező részlegei létszám bővítése nélkül is képesek hatékonyan ellátni feladataikat. A CAxx technikák akkor válnak igazán hatékonyá, ha biztosított közöttük az együttműködés. Az együttműködés előnyei az adatbevitel redundanciájának csökkentésében, a hibalehetőségek minimalizálásában, valamint a tervezési, irányítási és gyártási tevékenységek összekapcsolásában rejlenek. Például CAD eszközökkel definiáljuk az alkatrészek geometriáját, majd a CNC programok elkészítéséhez szükséges geometriai adatokat a CAM rendszer már közvetlenül a CAD-től veszi át. Az elkészített CNC programokat a CIM egyéb alkalmazásai részben automatikusan menedzselhetik, így a gyártás a tervezéssel és a vállalatirányítási rendszerrel organikus egységbe integrálható. Az integráció másik fontos területe a csoporttechnológia alkalmazása, melyet Cvetkov [3] definiált először: a csoporttechnológia a tipizálás munkamódszerének kiterjesztése az alkatrésztervezés, technológiai tervezés és gyártásszervezés területére. Többek között ez a CAPP rendszerek egyik fő megoldási technikájának, a variatív módszernek az alapja, de a későbbiekben látható lesz, hogy ennek a generatív szintézis területén is nagy jelentősége van. Ebben a cikkben javaslatot teszek arra, hogy miként lehet a korszerű integrációs technikákat alkalmazni a technológiai előtervezés egyes fázisainak részleges automatizálása érdekében, ezáltal elsősorban a kevésbé bonyolult feladatok esetén miként fokozható tovább a tervezés hatékonysága.

### 2.2. Az integráció korábbi módszerei

A számítógéppel segített technológiai tervezés első alkalmazásai a hajó-, és repülőgépiparban tűntek fel, főképpen hadiipari alkalmazásokban. A bonyolult áramlástani felületek forgácsolással történő megmunkálására (főként hajócsavarok esetében) már a 60-as években NC szerszámgépeket alkalmaztak. Komoly számítástechnikai feladatot jelentett a szerszám pályák automatikus generálása, erre fejlesztették ki az Egyesült Államokban az APT rendszert. Az alkalmazás fő korlátja a szerszámgépek vezérlői között tapasztalható szerkezeti és működési eltérés volt. Ezt áthidalandó, definiálták az ún. CLDATA adatstruktúrát, mely a vezérlések nyelvjárásaitól függetlenül volt képes a szerszám pályák generálásához szükséges tengelyelmozdulások és szögelfordulások kódolására. Ezt követően egy, a szerszám gép vezérlőjéhez illesztett postprocessor segítségével a CLDATA struktúra már közvetlenül transzformálhatóvá vált az NC vezérlésre. Ez tekinthető az integráció első használható megoldásának. A 80-as években az integráció jelentősége fokozódott, hiszen elterjedtek a mikroszámítógép, illetve később PC alapú CAD és CAM rendszerek, ezáltal felmerült az igény az adatátvitelre az egyes alkalmazások között. Ekkor még nem volt jellemző a funkcionális integráció, de már néhány próbálkozás látható a CAD-CAM összekapcsolás témakörében. A középkategóriájú CAD rendszerek piacán ekkor vált nyilvánvalóvá az AutoDesk cég előretörése, termékük, az AutoCAD a PC alapú rendszerek piacán gyakorlatilag egyeduralgoddá vált, ezáltal megoldásaik kvázi ipari szabvánnyá váltak. A 2D, majd később a 3D rajzok adatainak más rendszerekbe történő átvitelére az AutoDesk kifejlesztette a DXF formátumot (Data Exchange Format), melynek szerkezetét publikálta, így lehetővé tette más független software gyártók számára a geometriai információ más

alkalmazásokkal történő megosztását, átvételét. Egy másik megoldás az IGES<sup>6</sup>, mely a file-szintű adatátvitel nemzetközileg szabványosított formája lett a szilárdest-modell geometriai információinak megosztásában. A file-szintű adatátvitel másik alkalmazási területe az RS 274 protokoll, mely a CAM rendszerrel definiált, a szerszámok megadására szolgáló tengelyelmozdulások, és szögelfordulások rögzítését támogatja a CAM-CNC együttműködésben. A file-szintű integráció adatfolyamát a következő ábra mutatja:



1. ábra. file-szintű adatátvitel [1]

Az integráció ezen korábbi módszerének felhasználásával a munkafolyamat a következő lépésekben zajlik:

- a konstruktőr megtervezi a gyártmányt, annak alkatrészeit külön-külön szilárdest-modellekbe menti;
- vagy az állományokhoz csatolt file-okban, vagy kézi módszerekkel meg kell adni az alkatrészek geometriai elemeihez csatoltan a felületminőségekre, a tűrésekre, alaktűrésekre és helyzetűrésekre vonatkozó információkat. Ezek átvételére egyébként sem az IGES, sem a DXF nem alkalmas;
- a megadott paraméterekkel rendelkező állományokat a tervező átadja a technológusnak, aki ezt követően a technológiához illeszkedő CAM alkalmazással folytatja le a technológiai tervezést;
- A CAM rendszer adatbázisa általában már tartalmazza a felhasználni kívánt szerszámokra, szerszámgépekre, készülékekre és az előgyártmány anyagára vonatkozó paramétereket, melyek segítségével a forgácsolási paraméterek megválaszthatók. A geometria a tervezőtől kapott IGES file-okban van;
- a CAM alkalmazással a technológus elkészíti a CLDATA formátumú állományokat;
- a felhasznált szerszámgéphez illeszkedő postprocessor igénybe vételével a CLDATA adatbázist RS 274 protokollú NC programokká alakítják;
- a szerszám gép vezérlőjén a technológus lefuttatja a szükséges tesztek, szimulációkat futtat, mely alapján iteratív módon esetleg javít a technológián;
- ezután következik a fizikai gyártás.

A file-szintű adatátvitel két fő problémával küzd:

- az integráció nem szabványos, a software-gyártók önállóan határozzák meg a formátumokat. Az átvitelben ez sok esetben inkompatibilitást okoz.
- a CAM-CNC együttműködésben használt RS 274 protokoll „nyelvjárással” rendelkezik, ez azt jelenti, hogy az implementáció erősen gépfüggő. A másik probléma az egyirányú, vagyis CAM→CNC kapcsolat. A CAM alkalmazással meghatározott szerszámok a CNC vezérlőn szimulálhatók és tesztelhetők, de a szimuláció eredményei nem vihetők vissza a CAM rendszerbe, tehát javításra nincs lehetőség a CNC vezérlés eredményeinek felhasználásával. Mindez azt eredményezi, hogy a vezérlés képességeit a technológus nem használja ki teljes egészében, illetőleg az esetleges hibajavítás időrabló, nehézkes munkává

<sup>6</sup> IGES: International Geometry Exchange Standard

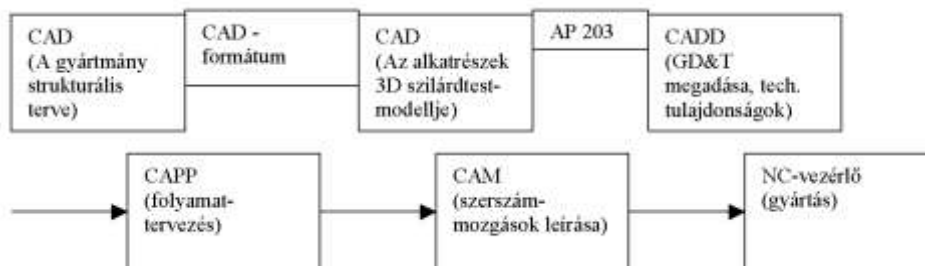
válík. Ez a hiányosság különösen a többszörös megmunkálások esetén jelentkezik, ahol a fejek közötti ütközés vizsgálata és ellenőrzése nem mindig triviális feladat.

### 2.3. Adatintegráció STEP segítségével

A fentebb felsorolt problémák kiküszöbölésére hozták létre a STEP-et, mely 2005-re az ISO 10303 szabványban nemzetközileg elfogadott és kodifikált módszerré vált a számítógéppel segített mérnöki alkalmazások közti kommunikációban. A STEP kialakítása egy, a repülőgép iparban végrehajtott pilot project során vette kezdetét.

2001-ben a Boeing, mint repülőgépgyártó, valamint a Pratt & Whitney, mint a gázturbinás sugárhajtóművek szállítója együttműködésbe kezdett egy olyan megoldás kifejlesztése érdekében, mely a két gyártó tervező rendszereit összekapcsolja. A munkát az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma is figyelemmel kísérte, illetve támogatta. A megoldandó feladat a hajtómű repülőgép sárkányba építése során felmerülő problémák minimalizálása volt. Nyilvánvaló, hogy a hajtómű beépítésének tervezése nagy körültekintést igénylő feladat, hiszen a felfüggesztési csomópontok mellett figyelmet kell fordítani az elektromos bekötések, üzemanyagcsövek, stb. nagy pontosságú elhelyezésére. Tekintve, hogy a két gyártó CAD rendszerei a megoldandó feladatok különbözősége miatt egymástól lényegesen eltérőek voltak, ki kellett fejleszteni egy adatátviteli protokollt, melyet a Boeing CATIA-bázisú rendszere, valamint a hajtóműgyártó speciális alkalmazásai is implementálni tudnak. Végeredményben a kísérleti fejlesztés sikerrel zárult, ennek eredményei rakták le a későbbi ISO 10303 szabványcsoport alapjait.

Napjainkra a STEP a mérnöki tevékenység valamennyi területére kiterjedő szabvány-ajánlást biztosít, mely segítségével az egyes alkalmazások közti adatsere és kommunikáció előírt formátumban, gépfüggetlenül, az alkalmazott operációs rendszertől és célalkalmazástól is független módon megvalósítható. A STEP valójában alkalmazás-specifikus protokollok gyűjteménye, melyek az elektronikai tervezéstől a hajógyártásig valamennyi tervezési területet lefednek. A STEP-en alapuló ISO 10303 szabvány előírja a protokollok formai követelményein túlmenően a fejlesztőrendszerrel, függvénykönyvtárakkal kapcsolatos kívánalmakat is. Napjainkban valamennyi független software-gyártó, aki a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) valamely tagországában kíván mérnöki alkalmazást eladni, köteles képessé tenni rendszerét a STEP valamelyik, az adott alkalmazáshoz illeszkedő protokolljában történő adatbevitelre, és kivitelre egyaránt. Figyelemmel arra, hogy az adatfolyamok formátumai immár szabványosak, az integráció korábbi problémái túlhaladottá váltak. Az alkatrész-tervezés, valamint gyártás feladatköréhez kapcsolódóan a folyamat megvalósítását STEP segítségével az alábbi ábra szemlélteti:



2. ábra. adatátvitel STEP segítségével [1]

A 2. ábrán vázolt megoldásnak a korábbi módszerekkel szemben számos előnye van.

- Az adatátviteli protokollok szabványosítottak, ezért az implementáció egyértelmű.
- Az AP-203/2 és az AP-214 a geometriai adatok átvitele mellett a GD&T információk hordozására is alkalmas.
- Nincs CLDATA közbenső átvitel. Ez azért nem szükséges, mert az RS-274-el ellentétben az AP-238-nak nincsenek nyelvjárásai, valamennyi szerszámgép-gyártó alkalmasá teszi vezérléseit az AP-238 kezelésére. A speciális CAM alkalmazásokkal ellentétben,

bonyolultabb technológiák esetén a CAPP alkalmazás képes összetett feladatok során a műveletek tervezésére és optimalására, az adatátvitelt az AP-214 a bemeneten, az AP-240 a CAPP kimenetén támogatja.

- Az AP-238 nem tengely-elmozdulásokat közvetít, hanem közvetlenül a szerszám pályákat írja le. Ez lehetőséget ad a szerszám gép CNC-vezérlőjének, hogy a tengely-elmozdulásokat saját maga számítsa, így adott a lehetőség a szerszám gép teljesítményének optimális kihasználására.
- Az AP-238 kétirányú adatátvitelt biztosít, így a szimulációk lefuttatása után a CAM, vagy a CAPP software-ben az eredmények figyelembe vételével a korrekciók és az optimalások elvégezhetők. Ennek igen nagy a jelentősége a többszerszamos megmunkálások ütközésvizsgálatában és a helyes, optimális műveleti sorrend kialakításában.

A fenti felsorolásból látható, hogy az ISO-10303 szabványcsoport megjelenése új lehetőségeket adott a CAXx alkalmazások közötti, adatszerén alapuló integráció megvalósítására, de ezen túlmenően eszközöket biztosíthat még egy, az automatizált technológiai tervezésben régóta meglévő kérdés megválaszolására.

## 3. INTEGRÁLT RENDSZEREK

### 3.1. Funkcionálisan integrált high-end keretrendszerek

A számítógéppel segített alkalmazások közötti együttműködés egyik aloslatja a funkcionális integráció. Ez azt jelenti, hogy a tervezés egyes részterületeinek kiszolgálására írt modulok egy egységes keretrendszer elemei, együttműködésüket a közös menürendszer és a saját, alkalmazás-specifikus file-formátumok támogatják. A High-CAD rendszerek egyik első példái a UniCAD és az Euclid voltak, melyek elsősorban a tervezés és a mechanikai méretezés feladatait támogatták egységes szerkezetben. Ezek elsősorban a CAE-CAD együttműködés, illetve a végelem-módszer és a számítógépes tervezés feladatainak összevonására mutatnak jó példát. (Igaz az is, hogy az Euclid későbbi változatai CAM modul is tartalmaznak.)

A jelenleg használt felső kategóriájú rendszerek közül a Dassault Aviation által készített, és az IBM által forgalmazott CATIA tekinthető az egyik legjobb megoldásnak az integrációra. A CATIA a tervezés teljes feladatkörét fedi a 2D tervezéstől a 3D paraméteres szilárdtest-modellezésen át a Life Cycle Management feladatköréig. A CATIA működése igen jellemző példa a funkcionális integrációra, menürendszere pedig sajátos megközelítést mutat: a tervező gyakorlatilag a gyártmánystruktúrát építi fel, illetve a gyártmánystruktúra-gráf egyes csomópontjain elhelyezkedő gyártmányelemek kidolgozásával valósítja meg a tervezési feladatot. A CATIA a gyártmánystruktúrát kiterjedt módon értelmezi, ugyanis a struktúrát az egyszerű alkatrészek szintjén túl is lebontva a szilárdtest-modell egyes elemeit, alkotórészeit, felületcsoportjait is strukturáltan kezeli. Tudjuk, hogy a technológiai tervezés egyik fontos bemenő adatszoportja éppen a gyártmánystruktúra. Ha ez a struktúra az alkatrész szintjéig kidolgozott, és az egyértelmű megfelelésben áll a geometriával, ennek elemzése alapján a rendszer CAPP modulja részben automatikusan képes a technológiai előtervezés megvalósítására is. Ez a megközelítés általában többletfeladatot ró a tervezőre, de ez a technológiai tervezés szintjén, illetve a hatékonyabb gyártás miatt kifizetődik, hiszen a termék költségében nem a tervezés, hanem a gyártás a fő tényező. Ennek ellenére számos mérnök idegenkedik ettől a megközelítéstől. Természetesen a CATIA is képes STEP-ben megfogalmazott modellek importálására, illetve exportra is, ezáltal más CAXx alkalmazásokhoz illeszthető. A szilárdtest-modellek és a gyártmánystruktúra között egyértelmű a megfelelés, hiszen a felhasználó a menürendszer alapján kényszerítve van a gyártmánystruktúra felépítésére, ezért ez az információ a műveleti sorrend-terv megvalósításakor jól kihasználható. Jelen cikk, illetve a háttérben álló kutatási projekt egyik célkitűzése, hogy a gyártmánystruktúrát, illetve a technológiai tervezéshez szükséges geometriai adathalmazt saját rendszerét részben önállóan kell meghatározni, tehát a CATIA megközelítése nem azt a filozófiát támogatja, mely alapján a megoldást meg kívánjuk adni.

### 3.2. Adatintegráció az önálló CIM modulok között

A cikk célkitűzése szempontjából érdekesebb az az eset, amikor a tervezési feladatot különálló, egymással funkcionális kapcsolatban nem lévő, specializált alkalmazásokkal valósítjuk meg, tehát a klasszikus CAE-CAD-CAPP-CAM együttműködést vizsgáljuk. Ez a terület azért is érdekes, mert a kisebb, illetve közepméretű gépipari vállalatok általában nem engedhetik meg maguknak az igen költséges high-CAD rendszerek alkalmazását, nemcsak a magas software-díjak, hanem a képzett szakemberek hiánya miatt.

A folyamat kiinduló pontja a szilárdest modell, melyet a konstruktőr alkot meg, valamely CAD rendszer felhasználásával. Ehhez illeszti a felületminőségekre és tűrésekre vonatkozó információkat, melyhez CADD alkalmazást használ. A CAD-CADD kapcsolatban az adatokat a STEP AP 203 protokoll viszi át, a CADD kimenete pedig az AP 214 protokollban van megfogalmazva. Az előgyártmányra a konstruktőr tesz javaslatot, melyet a ráhagyások figyelembe vételével a technológus módosíthat. Az előgyártmány megválasztásában szerepet játszik az optimális technológiára való törekvés (költséghatékonyság) mellett az üzem gépparkja, szerszámkészlete, valamint a szakemberek tudásszintje is. A technológiai folyamatot a technológus készíti CAPP alkalmazással, a CAPP bemenetén az alkatrész AP 214-ben mentett modellje van. A középkategóriájú rendszerek (pl. AutoDESK Mechanical Desktop) alkalmasak AP 214-ben való mentésre, de a mentett állomány vizsgálatából kiderül, hogy a mentés általában nem jó minőségű. Ez nem azt jelenti, hogy az állomány nem képezi le hűen a szilárdest geometriai tulajdonságait és méreteit, hanem azt, hogy általában nem használják ki teljes mértékben a protokoll által nyújtott lehetőségeket. Az AP 214 protokoll sajátossága, hogy lehetőség nyílik olyan geometriailag összetett felületek leképezésére, melyeket technológiai szempontból viszonylag egyszerűen, pl. egy szerszámmal, egy felfogásban, egy műveletben el lehet készíteni. Az AP 214 speciális STEP entitásai ilyen felületek meghatározására is módot adnak. Ilyen például a reteszhorony, a menetes furat, vagy a zseb. Jelen kutatási projektben javaslatot teszek egy olyan célalkalmazás kifejlesztésére, mely alkalmas a szilárdest modell transzformációjára AP 214 protokollban, figyelembe véve a technológiai szemléletű leképezést. Lehetőség nyílik a mentett elemek minősítésére a technológiai sorrend szempontjából is (mely elemeket kell előbb, illetve később elkészíteni), így jól használható információ birtokába jutunk a CAPP szintjén a műveleti sorrend automatikus meghatározásához. Általában igaz, hogy a technológiai előtervezés (előgyártmány megválasztása, műveleti sorrend készítése, szerelési tervezés) számítógéppel nehezen végezhető el automatikusan, mert a feladat igényli a technológus tapasztalatait, valamint intuitív vonásokat is tartalmaz, mely a hagyományos fejlesztési eszközökkel nem algoritmizálható. A technológiai tervezés hierarchikus rendszerének alsóbb szintjein adottak azok az egzakt módszerek, melyekkel pl. a műveletelemek optimálisan tervezhetők, de a tervezés hatékonyságát az növelheti lényegesen, ha a magasabb szintek is „legalább részben”, automatizálhatók lennének.

## 4. AUTOMATIZÁLT TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS

### 4.1. A csoporttechnológia szerepe a számítógéppel segített folyamat-tervezésben

A gépiparban, és általában a mérnöki tevékenység egyéb területein is, a tipizálás igen nagy jelentőségű. Ennek egyik jellemző példája a szabványosítás, melynek előnyei a költségcsökkentés területén vitathatatlanok. A gyakran alkalmazott, általában kevésbé összetett alkatrészek szabványosítása lehetővé teszi azok kereskedelmi forgalomba állítását, a tömegtermelés megvalósítását, valamint az állandó, előírt minőségek biztosítását. Természetesen a sokféleség csökkentése negatív következményekkel is járhat, hiszen ezáltal elvesz a lehetőség a feladatra orientált, optimális teljesítőképességű alkatrészek használatára. Éppen ezért nem alkalmazzák a szabványosítást bonyolultabb, illetve speciális funkciójú elemek esetében.

A csoporttechnológia megfogalmazása, mint a tipizálás alkalmazása a technológiai tervezésben, Cvetkov [3] nevéhez fűződik. Cvetkov munkássága a 60-as évekre tehető. Mint köztudott, a 60-as években, az akkori Szovjetunióban nem beszélhetünk fejlett számítógép-tudományról, Cvetkov a csoporttechnológiát nem is az informatika elvárásai miatt javasolta. A csoporttechnológia alkalmazása a hagyományos technológiai tervezésben is igen előnyös, mert a tipizált megoldások gyorsabb, hatékonyabb tervezéshez vezetnek. Cvetkov eredménye, hogy a tipizálást flexibilisen értelmezte, az alkatrészek csoportosítása és típusokba sorolása mellett a módszert a technológiai elemekre (tipizált műveletek) és a használt gyártórendszerekre is kiterjesztette. A csoporttechnológia filozófiája lehetőséget biztosít a számítógéppel segített folyamatvezetés (CAPP) számára a technológia részben automatizált tervezésére, hiszen számítógépes környezetben megvalósítható a „véges számú készletből való választás”, szemben a minden szempontból individuális technológia kidolgozásával, mely elsősorban az emberi gondolkodásra jellemző.

## 4.2. Variatív megoldás

A számítógéppel segített, automatizált technológiai tervezés egyik módszere a variatív megoldás. A variatív módszer alapja, hogy a gyártandó alkatrészeket hierarchikus csoportosítási rendszer figyelembe vételével alkatrészcsoportokba, csoportokba, típusokba és altípusokba soroljuk. A tipizálás során tekintetbe vesszük az alkatrészek alakját, anyagát, méreteit, a megmunkáláshoz szükséges technológiákat, illetve az alkalmazandó gyártórendszer elemeit (szerszámok, készülékek, szerszámgépek). A csoportosítást az alkatrészek műhelyrajzai alapján végezzük el. A csoportosítás eredményeképpen alkatrészhalmazokat nyerünk, melyek méretei hasonlóak. Ez főképpen az alkalmazott szerszám gép munkaterének meghatározása miatt lényeges. A méret mellett az anyag és az alak is hasonló, ez azt biztosítja, hogy az azonos típusba tartozó alkatrészeket azonos technológiákkal lehessen megmunkálni. Ezt követően az azonos típusba sorolt alkatrészek közül kiválasztjuk a legbonyolultabbat. Ez lehet egy valójában létező alkatrész is, de lehet egy virtuális darab, mely elvben magán viseli valamennyi, az adott típusba tartozó alkatrész összes tulajdonságát. Ezt az alkatrészt nevezzük a továbbiakban „vezéralkatrész”-nek.

A technológiai tervezés a vezéralkatrész technológiájának részletes kidolgozásával folytatódik. A kidolgozott technológia műveleti sorrend-terv és művelettervek alakjában ölt testet, melyet a használt CAPP rendszer kívánalmainak megfelelően digitálisan rögzítünk.

Végeredményben előáll egy adatbázis, mely tartalmazza a megmunkálni kívánt alkatrészek geometriai adatait szilárdtest-modell formájában, az alkatrészek típusba sorolását, valamint minden típusra a vezéralkatrész kidolgozásához szükséges technológia terveit. A feladat a továbbiakban annyira korlátozódik, hogy az újonnan megmunkálni kívánt alkatrészt típusba soroljuk, és gépi eszközökkel „egyszerűsítjük”, valamint „konkretizáljuk” a megmunkálásához rendelt vezéralkatrész technológiai tervét. Az egyszerűsítés azt jelenti, hogy kihúzzuk a vezéralkatrész technológiai tervéből azokat a műveleteket, melyek a konkrét alkatrész kialakításához nem szükségesek. A konkretizálás azt jelenti, hogy a megmaradó műveletek esetében a vezéralkatrész méreteibe a konkrét alkatrész méreteit helyettesítjük, és ezekkel számítjuk ki a technológiai paramétereket (fogásmélység, előtolás, forgácsoló sebesség, készülékek, ráhagyási alakzatok). Így áll elő az alkatrész készítéséhez szükséges konkrét technológiai terv.

Értékelés gyanánt elmondható, hogy a megoldás valójában az automatizálás kikerülése, hiszen az érdemi tervezést továbbra is kézzel végezzük. Ennek ellenére a módszer nagyon hasznos lehet, főleg azon vállalatok számára, ahol a termékskála nem túl bő. A számítógépes rendszer algoritmusai egyszerű, a típusba sorolás támogatására (kódrendszer leképezése), a technológia egyszerűsítésére és a paraméterek konkretizálására szorítkozik. Mindazonáltal a bevezetés hosszadalmas, mert a hatékony munkához szükséges adatbázis előállítására munkai igényes. A technológiai tudás valójában az adatbázisban van reprezentálva, ezért a rendszer mindazon alkatrészek technológiai tervezésére alkalmas, melyek terve az adatbázisban megtalálható. A módszer „biztonságos”, jó minőségű títustervek esetén a tévedés lehetősége kizárható.

Látható, hogy a variatív módszer egyértelmű alapja a csoporttechnológia, szigorúan vett automatizált tervezés nem történik.

### 4.3. A generatív szintézis módszere

Az automatizált technológiai tervezés egyik ténylegesen létező módszere a generatív szintézis. A generatív elvű rendszerek egyik első hazai példája a 80-90-es években, a Nehézipari Műszaki Egyetemen (ma Miskolci Egyetem) kifejlesztett TAUPROG-M rendszer, melynek fejlesztési vezetője Tóth [4], és bizonyos esztérgálással készíthető alkatrészek megmunkálásának tervezésére alkalmas.

A generatív tervezési módszer azon a felismerésen alapszik [4], hogy minden alkatrész szintetizálható úgynevezett elemi megmunkálható felületek csoportjaiként. Ezeket a továbbiakban EMF-nek nevezzük. Ha sorban kidolgozzuk az egyes elemi megmunkálható felületek elkészítésére szolgáló technológiát, végeredményben az alkatrész végleges, kész állapotát nyerjük.

A generatív módszer valós automatizálást testesít meg a technológiai tervezésben, fő problémája, hogy egyes, bonyolultabb feladatok esetén a műveleti sorrend meghatározásában a számítógépes algoritmus tévedhet. A generatív módszer rendkívül érzékeny az alkalmazási körülményekre, a felhasználás meghatározott tartományán túlmúató feladatok megoldására nem alkalmas. Ebből következően a generatív módszer elsősorban a technológiai tervezés alacsonyabb szintjein (műveletek, műveletelemek tervezése) használható eredményesen. Tóth [4] fontos megállapítása, hogy a csoporttechnológia a generatív szintézisben is alkalmazandó. Az elemi megmunkálható felületek képzésében a típus technológiák alkalmazása a módszer nagyobb felbontóképességű felhasználását jelenti, vagyis a tipizálás a műveletek és műveletelemek szintjére is kiterjedhet. Amennyiben a STEP AP-214 protokoll technológiai szemléletű entitásait alkalmazzuk az adatátvitelben, hozzájuk rendelve a Tóth által javasolt elemi típus technológiákat, a generatív elv a technológiai tervezés magasabb szintjein is eredményesen alkalmazható lehet. A generatív megoldás esetében a technológiai tudást a rendszer algoritmusában implementáljuk, nagy előnye, hogy a működtető adatbázis kicsi, feltöltése gyors és egyszerű. A software kialakítása annál nehezebb, sok esetben igen komplex fejlesztési feladat, mely sok élőmunkát és magas fejlesztési költségeket igényel és eredményez. A módszer esetében nagy figyelmet kell fordítani az alkalmazási körülmények és feladatok pontos meghatározására, mert az ezektől eltérő feladatok esetén az alkalmazás vagy nem képes a feladat megoldására, vagy értékelhetetlen eredményeket szolgáltat.

### 4.4. Vario-generatív szintézis

A vario-generatív szintézis megszületését az a kíváncsi hozta létre, hogy a variatív és generatív módszer előnyeit egyesítsük a hátrányok kiküszöbölésével.

A variatív eljárás előnye az, hogy az értelmezési tartományán, ha a vezéralkatrész technológiája kidolgozott, mindig eredményt ér el. A generatív szintézis előnye, hogy nem adatbázis-függő, valós automatizálást testesít meg. Ha a műveleti sorrend meghatározásában variatív módszert alkalmazunk, míg a műveletek és műveletelemek tervezésében a generatív eljárást részesítjük előnyben, csökkenthetjük a CAPP rendszer adatbázis-függőségét, ugyanakkor az elemibb feladatok szintjén jól alkalmazható generatív eljárás jól algoritmizálható, optimálshoz közelítő megoldásait felhasználva hatékony technológiát alakíthatunk ki. Tóth [4]-ben javasolta, hogy a csoporttechnológia módszertanát a generatív elve is ki lehet terjeszteni, a generatív elv részletesebb felbontóképességéből kiindulva az EMF-ek megmunkálására egyszerű típus technológiákat lehet alkalmazni. A csoporttechnológia alkalmazása ebben az esetben azt jelenti, hogy létrehozhatók olyan, viszonylag kis méretű rutinok, melyek megfelelő paraméterezéssel a típusfelületek kialakítására eredményesen bevetethők. A jelen cikkben felvetett módszer alapvetően vario-generatív, és azon alapszik, hogy az automatikusan, STEP entításokkal szintetizált EMF-ekre adatbázisban kódolt technológiákat használunk. A módszer új eleme, hogy a szilárdtest-modell felületeit STEP entításokba transzformáljuk, a megfelelő STEP entitás kiválasztása, valamint az EMF-ek besorolása is dinamikusan bővíthető adatbázis alapján történik. A módszer rövid leírása a következő fejezetben található.

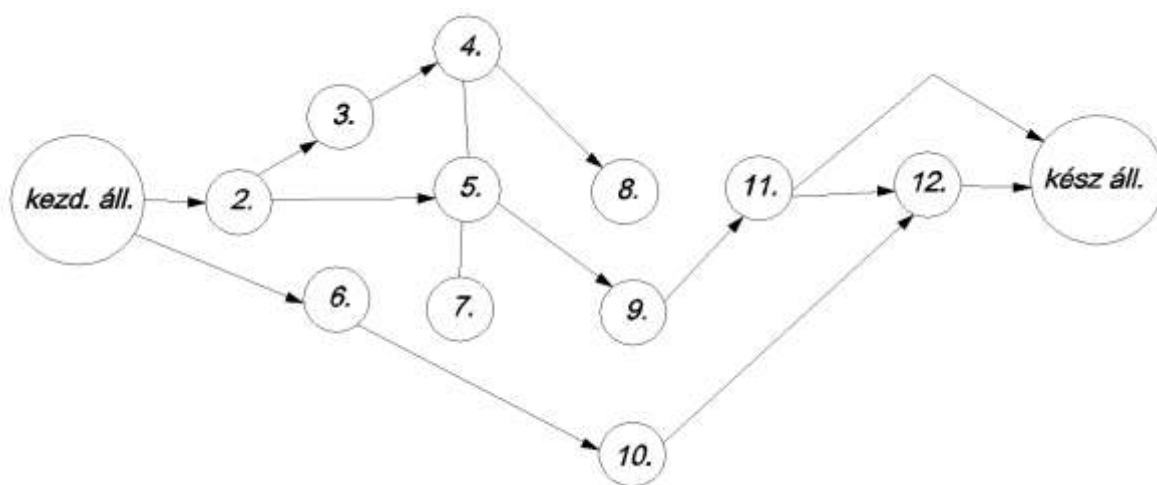


## 5. A MŰVELETI SORREND MEGHATÁROZÁSA

### 5.1. Optimalizációs technikák

A műveleti sorrend automatikus meghatározása felvet egy lényeges problémát. A technológia akkor hatékony, illetve a CAPP használata akkor kifizetődő, ha nemcsak egy, lehetséges technológiát találunk, hanem lehetőleg olyat, amely valamely kívánatos szempontrendszer szerint az optimálishoz közel áll. A továbbiakban [4] alapján ismertetünk egy módszert, mely alkalmas az optimálishoz közeli technológia kidolgozására, de csak akkor, ha az optimális út kereséséhez szükséges adatok, vagyis a technológia elvileg lehetséges állomásai már rögzítve vannak.

A megoldás a „kétszintű, szigorított utazó ügynök probléma” alapján valósítható meg. A módszer a technológiai gráf optimális bejárásán alapszik. Technológiai gráfnak tekinthető az az alakzat, melynek csúcspontjaiban a munkadarab lehetséges állapotai (méret, alak, pontosság, felületminőség, mechanikai tulajdonságok alapján definiált aktuális konfiguráció), élein pedig az állapotok eléréséhez használható megmunkálási módok állnak. Az alábbi ábra egy lehetséges technológiai gráfot mutat:



3. ábra. a technológiai gráf

Az ábrán látható, hogy az élek irányítottak. Ez azt jelenti, hogy ha egy megmunkálással már elértünk egy állapotot, a megmunkálás „fordítottjával” a korábbi állapothoz már nem lehet visszatérni. Az is látható, hogy egy állapot több úton érhető el, illetve lehetséges az is, hogy valamely állapottól már nem érhető el más, finomabb állapot. Az optimalizálás azt jelenti, hogy a technológiai gráfot úgy kell bejárni, hogy a kezdő állapottól a végső állapotba a lehető legjobb úton kell eljutni úgy, hogy minden állapot csak egyszer érinthető a nyílnak megfelelő haladási irányban. Nem szükséges a gráf valamennyi csúcspontját érinteni. Az optimális út megtalálása azt jelenti, hogy valamely jósági kritérium alapján felállított célfüggvény (pl. költség) szélső értékét (minimum) keressük. Ennek érdekében minden élhez két költséget rendelünk. Az első költség valós, míg a második képzetes, virtuális érték, mely azt fejezi ki, hogy a lehetséges megmunkálási módok közül melyiket preferáljuk inkább. Ha például valamely elvben lehetséges megmunkáláshoz végtelen nagy képzetes költséget rendelünk, ez azt mutatja, hogy a konkrét megmunkálás végrehajtása az üzemben valamely ok miatt nem lehetséges. A gráf bejárásának lehetséges technikáit itt terjedelmi okok miatt nem ismertetem, de az igaz, hogy kisebb méretű gráfok esetén a problémának egzakt megoldása is van. Nagy méretű gráfok esetén a felhasznált számítástechnikai erőforrások és a futási idő elfogadhatatlanul nagyra válhat, ezért ilyen esetben valamely heurisztikus módszer használata ajánlott.

Az optimalizálást azért nevezzük kétszintűnek, mert a feladat gyakorlati dekomponálásakor előbb a főbb állapotokat jelöljük ki, a technológiai gráfot ezzel több algráfra bontjuk szét. Először meghatározzuk a főbb állapotok közötti optimális utat, a fenti technikát pedig az algráfokra alkalmazzuk. Ezáltal a feladat erőforrás-igénye elfogadható korlátok között tartható, a megoldás pedig az optimálishoz közeli

lesz. A technika akkor alkalmazható eredményesen, ha a technológiai gráf fel van állítva, tehát a lehetséges állapotok, és az őket elérő megmunkálási módok már meg vannak határozva. A fő feladat a továbbiakban tehát a lehetséges állapotok definiálása. A problémát a szilárdtest-modell topológiai elemzésével oldjuk meg. Megjegyzem, hogy az ismertett módszer tovább finomítható, ha a képzetes költséget figyelmen kívül hagyjuk, helyette a megmunkálási mód preferálására a fuzzy logika alapján valamely 0-1 közötti „kívánatossági érték”-et szerepeltetünk. Ezt követően a bejárás a valós költségek számításával, valamint fuzzy műveletek során a „kívánatosság” számításával valósítható meg.

Tóth a többszerszamos megmunkálások sorrend-tervezése során a „sorrendiség mátrix” alkalmazását javasolja. A [4]-ben ismertett módszer átalakításával jelen megoldásban a megmunkálási módok sorrendje helyett az elérhető állapotok sorrendjét kívánom meghatározni. Ha a szilárdtest-modell elemzésével feltárhatók a lehetséges állapotok (ezt 5.3-ban ismertetem), az állapotokhoz sorrendi értéket lehet rendelni. Ebből kiindulva, ahogyan az a 3. ábrán is látszik, az egyes állapotok sorrendi csoportokba sorolhatók. Például az ábra alapján a 8., 9., 10. állapot azonos sorrendi szintre kerül. Azért vizsgálom a megmunkálási módok egymásra következése helyett az állapotok sorrendjét, mert a szilárdtest-modellből a lehetséges megmunkálási módok csak közvetve lennének nyerhetők, az egyes állapotokat viszont közvetlenül elő lehet állítani a geometria és a GD&T<sup>7</sup> felhasználásával. Javaslom tehát a technológiai állapotokra vonatkozó sorrendiség mátrix elkészítését. Egy ilyen lehetséges mátrix a következő:

Sorrendiség-mátrix 1. táblázat

	1. állapot	2. állapot	3. állapot	4. állapot
1. állapot	0	1	1	1
2. állapot	0	0	1	0
3. állapot	0	0	0	1
4. állapot	0	0		0

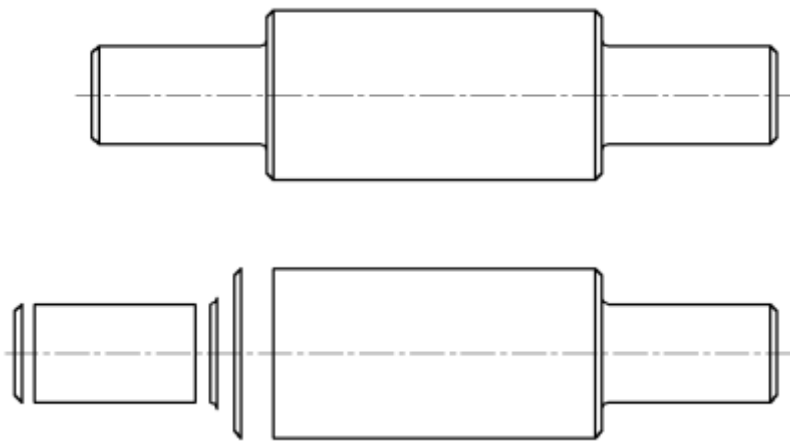
A mátrix adatai a következő jelentést tartalmat hordozzák: az oszlop-sor metszéspontban található 1 szám azt jelzi, hogy az oszlopban található állapot elvben megelőzheti a sorban található állapotot. A 0 szám azt jelzi (értelemszerűen a főátlóban mindig 0-k állnak), hogy az oszlopban található állapot nem előzheti meg a sorban található állapotot. Ennek a meghatározása a GD&T segítségével megadható, hiszen nyilvánvaló, hogy egy durvább felületminőségű, illetve pontatlanabb tűrésű felületből finomabbat lehet és érdemes készíteni, visszafelé ez viszont értelmetlen. Igaz továbbá az is, hogy egy nagyobb méretű ráhagyási alakzat forgácsolásával kisebb méretű nyerhető, de visszafelé ez nem érvényes. A mátrix kiértékelésével az egyes állapotokhoz sorrendiség-érték rendelhető, ezáltal ha az adott állapot már képezve van, a megmunkálási sorrend az utazó ügynök módszerrel kialakítható. A feladat tehát a továbbiakban a lehetséges állapotok megadása a geometria és a GD&T alapján. Ehhez, és az egyes állapotokhoz tartozó megmunkálások hozzárendelése érdekében fogjuk a speciális STEP entitásokat felhasználni.

## 5.2. AP 214 adatátviteli protokoll

Az AP 214 protokoll a CAPP alkalmazás bemenetén helyezkedik el. Alapvető feladata a szilárdtest-modell geometriájának, méreteinek átvitele, valamint a GD&T információk átadása. A többi STEP protokollhoz hasonlóan protokoll fejléccel és törzsszel rendelkezik. A részletes információ tartalmat terjedelmi korlátokra hivatkozva itt nem közlöm, az adatok a [6]-ban megtalálhatók. A törzs tartalmazza a leírás elemeiként szolgáló STEP entitásokat, szintén fej-törzs szerkezetben. A fejben az entitás megnevezése és főbb, entitás-szintű adatai, a törzsben a geometriai elemek (elemi felületek) méretei találhatóak.

<sup>7</sup> GD&T: Geometric Dimensions and Tolerances: geometriai méretek és tűrések. A szilárdtest modellből közvetlenül nem lehívható, a technológiát befolyásoló tűrés, -és felületminőség adatok, melyek megadása a CADD alkalmazással történhet.

Az AP 214 a geometriát képes technológiai szemlélettel implementálni. Ez pontosabban azt jelenti, hogy képes bizonyos felületcsoportokat egy egységben kezelni akkor is, ha a felületcsoporthoz tartozó felületek geometriailag nem feltétlenül összetartozóak. Jó példa erre a reteszhorony. Az 1. típusú reteszhorony (mindkét végén lekerekített) előfűrés után hosszlyukmaróval egy lépésben kialakítható. Geometriailag a reteszhorony áll egy sík fenékfelületből, a palástja két félhengerből és két sík felületből. Ezt az AP 203 öt darab felületként viszi át, az AP 214-ben ez a „reteszhorony” entitással egy egységben kezelhető. Mindez nagy segítség a CAPP rendszer számára, hiszen ezáltal a CAPP a megfelelő felismerő adatbázissal támogatva képes az entitáshoz egy lépésben megmunkálási módot rendelni. A feladat tehát a továbbiakban az, hogy a szilárdtestet felbontsuk az öt alkotó alapfelületekre, és kíséreljük meg a felületeket STEP entitásokba szervezni. Kuric [5]-ben bemutatta, hogy a folyamattervezés alapvető problémája a szilárdtest-modell geometriai feature-einek technológiai feature-ökké való transzformációja. Bizonyos esetekben ez igen egyszerű, pl. esztergálással kialakítható forgásfelületek esetén, más esetekben, pl. bonyolult, marással kialakítandó munkadarab tekintetében nehézkes, számítógéppel, automatikusan igen körülményesen kezelhető. Az alábbi ábra az említett transzformációt szemlélteti egy egyszerű lépcsős tengely esetében:

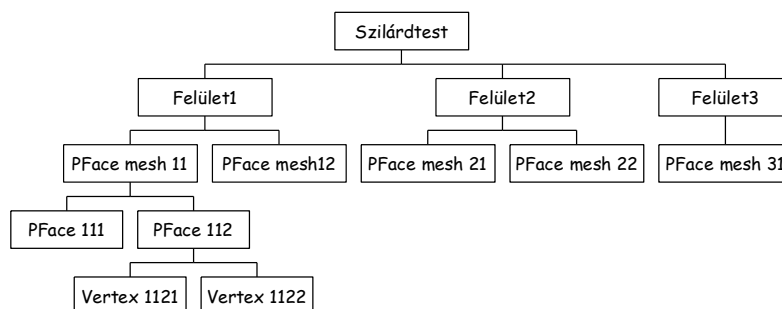


4.ábra. a geometriai elemek és a technológiai felületek kapcsolata [5]

### 5.3. A szilárdtest-modell elemzése, topológiai vonatkozások, 3D modellezés

A következőkben nagy vonalakban ismertetem, miként lehetséges az EMF-ek felismerése és STEP entitásokba mentése AP 214 alkalmazásával.

Tekintsük át általában a szilárdtest modell felépítését! Az egyes CAD rendszerekben az implementáció eltérő lehet, de az adatszerkezetek sok hasonlóságot mutatnak. Ebben az esetben az AutoCAD módszereit követjük. A szilárdtest-modell felépítése hierarchikus, tükrözi az alkotó primitívek szerkezetét, a leírás a modell felületei alapján történik. A hierarchia szintjei a következők:



5. ábra. a szilárdtest-modell szerkezete

(Az egyszerűség kedvéért az ábra nincs teljes egészében kidolgozva, a teljes lebontás az 1. felület, 1. PFace mesh, 2. Pface<sup>8</sup> tekintetében teljes.)

AutoCAD 2006 verzióban, Microsoft Visual C++ 7.0 fejlesztői környezetben és ARX<sup>9</sup> technikát alkalmazva a szilárdtest elemeit, a hierarchia figyelembe vételével a rendszer ún. result buffer adatszerkezetbe emeli át. A result buffer egyszerűen láncolt lista típusú objektum, benne az alkotóelemek adatai és az entitás szerkezete kényelmesen elemezhető. A szilárdtest tehát felületcsoportokból épül fel, melyet a CAD rendszer felületekben és felületelemekben ábrázol. A felületelemek ábrázolása csomópontokkal (vertex) történik. A result bufferben a hierarchikus láncolat mentén haladva felismerhetők a szintek, valamint a pontok hovatartozása megadható. Ha két felület érintkezik, az egyes felületekhez tartozó felületelemek bizonyos csomópontjai egybeesnek, ezáltal a csatlakozások feltérképezhetők.

A fentiek ismeretében a szilárdtestet alkotó felületeket a felületek topológiai viszonyai alapján fel lehet ismerni, csatlakozásaikat meg lehet állapítani, valamint a későbbiekben ismertetett adatbázis segítségével STEP AP 214 entításokba lehet menteni. A mentés lépései a következők:

- ki kell választani a szilárdtestet;
- a szilárdtest adatait result buffer-be kell emelni;
- el kell határolni az egyes alkotó felületeket;
- a felületeket felépítő felületelemek vertexei között fedésben lévőket kell keresni;
- a fedésben lévő vertexek alapján meg kell állapítani, hogy mely felületek csatlakoznak egymáshoz, bizonyos esetekben megállapítandó, hogy mely felületek találhatóak más felületeken belül (pl. reteszhorony a hengerpalástban);
- össze kell állítani egy listát a lehetséges EMF-ekről, a csatlakozó felületek összes lehetséges kombinációiban;
- a lista elemeit össze kell vetni a felismerő adatbázisban kódolt STEP entitás fajtákkal, egyezés esetén a felületeket STEP entításba kell szervezni, majd törölni a listából. Ezen utolsó lépést addig kell ismételni, míg a lista ki nem ürül.

A szöveges formában vázolt algoritmus szerencsés esetben egyértelműen technológiai szemléletű entításokba menti a szilárdtest-modell felületeit. Természetesen elképzelhető, hogy a mentésre több út is kínálkozik. Ebben az esetben heurisztikus módszerekkel, backtrack típusú algoritmussal addig kell próbálkozni, míg a lista teljesen ki nem üríthető. Még ebben az esetben is előfordulhat, hogy a felépítés nem egyértelmű, ekkor felhasználói beavatkozást kell igényelni, vagyis a felhasználói interface-t képessé kell tenni arra, hogy a transzformációt a mérnök befolyásolni tudja.

Végeredményben előáll egy AP 214-ben leírt adatszerkezet, melyben a szilárdtest technológiai szemlélettel leírható. Ebből a munkadarab egyes állapotai már levezethetők, ismételten a felismerő adatbázis alkalmazásával. Az 5.1-ben vázlatosan ismertetett módszerrel elő lehet állítani az állapotok sorrendiségére vonatkozó mátrixot, majd az optimalást követően a műveleti sorrend-terv felállítható.

#### **5.4. Szakértői rendszerek alkalmazása, a szakértői adatbázis szerkezete**

Utolsó lépésként vázlatos javaslatot lehet tenni egy olyan dinamikusan bővíthető felismerő adatbázisra, mely a felületek csoportosítását, STEP entításokba való mentését, a sorrendiség-mátrix felépítését, valamint az EMF-ek és a megmunkálások összerendelését támogatja.

Az előző pontok alapján látható, hogy a feladat nem tekinthető triviálisnak. Ebből adódóan a hagyományos fejlesztési technikák csődöt mondhatnak. Célszerűnek látszik olyan módszerek használata, melyeket a szakértői rendszerek alkalmaznak úgynevezett „lágý”, tehát nehezen algoritmizálható, egzaktul nem megfogalmazható problémák kezelésére.

---

<sup>8</sup> Pface: Polyface. 4 pontos, 3D torznégyszög, vagy 3 pontos felületelem. Az AutoCAD ebből építi fel a bonyolultabb felületek hálóit.

<sup>9</sup> ARX: AutoCAD Runtime Extension: AutoCAD futási idejű kiterjesztés. Függvénykönyvtár és alkalmazás-fejlesztési technika.

A fejlesztőeszközök kialakítása terén a szakértői rendszerek tekintetében az utóbbi időben látványos eredményeket értek el. Több változatban beszerezhetők úgynevezett szakértői keretrendszerek, melyek előre elkészített alpmegoldásokat biztosítanak bármely konkrét fejlesztői feladat megoldásához. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy adatbázis kezelővel, megoldás-kereső motorral, felhasználói interface-tervezővel, adatbázis-tervezővel ellátott CASE<sup>10</sup> eszközök érhetőek el. Ezek a keretrendszerek rendelkeznek fuzzy logikán és más módszereken alapuló probléma-megoldó szegmensekkel, grafikus adatbázis-tervező felülettel, valamint mentesítik a fejlesztőt a felhasználói interface kialakításának fáradságos munkájától. Jellemző általában az is, hogy a speciális feladatok megoldásához ActiveX technikán alapuló külső kontrollok beszúrása is lehetséges. Véleményem szerint jelen feladat kifejezetten speciális, megoldása a CAD rendszer felületén futó alkalmazással lehetséges, ezért a CASE eszközök használatától a nyilvánvaló előnyök ellenére el kell tekinteni. Az alkalmazás sikeres működéséhez elengedhetetlen a dinamikusan bővíthető adatbázis. A kényelmi szempontok miatt célszerű az „öntanuló” módszer alkalmazása, vagyis az alkalmazást képessé kell tenni arra, hogy a korábbiakban sikeresen megoldott feladatokból leszűrte ismereteket újabb problémák megoldásához alkalmazhassa. Komoly veszélyforrás, hogy a számítógép nem ismeri fel valamely tény alkalmazási körülményeit, tehát az automatikusan rögzítésre kerülő megállapításokat a felhasználónak véleményeznie kell, tehát biztosítani kell a lehetőséget a bővítés ellenőrzésére. A feladat megoldásához Microsoft SQL Server 2005 adatbázis-kezelőt javaslok, mely jól illeszkedik a Microsoft Visual Studio .net fejlesztői környezethez, rendelkezik részleges CASE funkciókkal, valamint a fejlesztőeszközön keresztül képes az AutoCAD-del való együttműködésre is. A felismerő adatbázisnak a következő feladatokat kell támogatnia:

- a felületek STEP entitásokba való szervezése;
- a technológiai állapotok felismerése, a STEP elemek által reprezentált állapotok sorrendiségének kialakítása;
- megmunkálási módok és STEP elemek összerendelése.

A szakértői rendszerek adatbázisai a hagyományos relációs adatbázisoktól eltérő jelleget mutatnak. Jellemző, hogy az adatbázis rekordjai a hagyományos, alfanumerikus adatokkal szemben nehezen rögzíthetők-kódolhatók. Általában kétféle rekorddal lehet találkozni. Léteznek az úgynevezett „szabályok”, melyek általános érvényű megállapítások. Vannak továbbá a „tények”, melyek egy konkrét esetet írnak le. Szövegesen erre a kétféle rekord-típusra a következő példa használható:

**szabály-** törekedni kell a technológiai bázisok mielőbbi kialakítására;

**tény-**lépcsős tengelyek vállainál a csatlakozó hengerpalást és sík felület között lekerekítés szokott lenni.

A szakértői rendszerek kapcsán felmerülő sajnálatos megállapítás, hogy a szabályok között vannak kivételek, a tények nem mindig használhatók, általában a probléma kezelése nem mindig egyértelmű. A másik nehézséget az jelenti, hogy az előbbieken említett példát egy rögzített mezőszerkezetű adatbázisban miképpen lehet úgy kódolni, hogy az valamely programmal használható legyen.

Ezek alapján vázlatosan ismertetem, miképpen lehetne a felsorolásban szereplő feladatokat támogatni.

#### **5.4.1. A felületek STEP entitásokba való szervezése**

A feladatot tények rögzítésével meg lehet oldani. Megállapítható, hogy N darab csatlakozó felület 1 darab STEP entitásba szervezhető, tehát „egy az N-hez, N az egyhez” típusú hozzárendelés szükséges. Létezzen a STEP\_ELEM tábla, mely felsorolja a lehetséges AP 214 entitásokat. Létezzen továbbá a FELULET tábla, mely esetenként felsorolja, mely felületek tartoznak egy adott STEP elemhez, a következő módon: a táblában a felület megnevezése mellett egy külső kulcs legyen, mely a STEP elem elsődleges kulcsára hivatkozik, valamint legyen egy másik, eseti, de egyedi azonosító is, mely a megtalált, vagy megtalálható egyedi összekapcsolásokat szervezi egységbe.

---

<sup>10</sup> CASE: Computer Aided Software Engineering. Számítógéppel segített software-építés. Fejlett, relációs adatbázis-motorokon alapuló fejlesztőeszköz, mely a típusfeladatok előre kidolgozott megoldásaival mentesíti a fejlesztőt az időrabló rutinmunkától.

#### 5.4.2. A STEP elemek által reprezentált állapotok sorrendiségének kialakítása

Az egyes EMF-ek méreteinek és pontosságának összehasonlításával elvben lehetséges az állapotok közötti sorrend kitzúzése. A feladat azonban egyszerűsíthető, valamint a futási idő csökkenthető, ha a technológiai tudás egy részét az adatbázis egy újabb táblájában tároljuk. A táblának tartalmaznia kell a STEP entitások halmazának Descartes szorzatát. A sorok (rekordok) megmutatják, hogy mely STEP elemből mely más elem alakítható ki. A tábla felhasználásával az alkalmazás képes a sorrendiség-mátrix felépítésére, ezt követően a konkrét műveleti sorrend már optimálással meghatározható.

#### 5.4.3. A megmunkálási módok és a STEP elemek összerendelése

A feladat megoldása rendkívül egyszerű. A felhasználásra kerülő CAPP alkalmazás jellegzetességeinek figyelembe vételével létre kell hozni egy táblát, mely felsorolja a lehetséges AP 214 elemeket, hozzájuk a megmunkálási mód megnevezését kell csatolni. Előfordulhat, hogy egy AP 214 elemhez több megmunkálás is tartozhat, ekkor több rekordot kell szerepeltetni ugyanazzal a STEP elemmel, más-más megmunkálási móddal. A módok között a CAPP alkalmazás fog választani.

## 6. SOFTWARE-FEJLESZTÉSI TECHNIKÁK A STEP ALKALMAZÁSÁHOZ

A STEP protokollok használatát többféle függvénykönyvtár támogatja. Ezek jellemzően C, vagy C++ nyelvhez kapcsolódnak. Vannak közöttük szabványos, valamint egyedi fejlesztésű megoldások. Röviden hármat kívánok jellemezni.

- **STEP Development Resource Kit:** az ISO 10303-ban definiált függvénykönyvtárra vonatkozó ajánlás, mely tartalmazza a protokollok leírását, valamint a kezelésükhöz használható függvények definícióit és deklarációit.
- **SDAI:** standard C-hez fejlesztett függvénykönyvtár, a STEP funkciókat implementáló függvényekkel.
- **ROSE:** C++ alapú objektumkönyvtár, feladata szintén a protokollok implementációja, használata kényelmesebb az SDAI-nál, mert lehetővé teszi az objektum-orientált programozás előnyeinek kihasználását. Dinamikusan fejlődő rendszer, rendelkezik azzal a veszéllyel, hogy fejlődése során esetleg túllép az ISO 10303 szabványon.

## 7. ÖSSZEZGÉS

A cikkben röviden és vázlatosan bemutattam a CAxx alkalmazások közötti együttműködés korábbi, valamint jelenleg használt módszereit. Látható, hogy a STEP-ISO 10303 szabvány, és a szabvány bázisán kifejlesztett módszerek hatékonyan használhatók a számítógéppel segített mérnöki tevékenységben és a CIM egyes moduljai közötti együttműködésben. A CIM eszközzrendszere és előnyei éppen a modulok közötti integráció során teljeseznek ki. A cikk második része egy, az alkatrészgyártásban felmerülő probléma megoldására tesz vázlatos javaslatot, konkrétan a technológiai előtervezés egyik feladatának, a műveleti sorrend-terv létrehozásának kapcsán. Az 5.1-ben bemutatott technikát felhasználva és továbbfejlesztve az optimálishoz közelálló műveleti sorrend-terv alakítható ki. Ennek feltétele, hogy a munkadarab elkészítésének egyes fázisaihoz tartozó állapotokat ismerjük, és elvben lehetséges sorrendiségüket meghatározzuk. A megközelítés új eleme, hogy a STEP AP 214 protokoll technológiai szemléletű entitásainak alkalmazásával az alkatrész szilárdtest-modelljének geometriai tulajdonságai technológiai feature-ökbe írhatók. A módszer egyrészt támaszkodik a szilárdtest-modell topológiai elemzésére, másrészt egy célszerűen kialakított felismerő adatbázisra. A javasolt célalkalmazás technológiai demonstrációs prototípusa még nincs készen, de a leírásból látható, hogy a problémának létezik elvi megoldása. Természetesen a fejlesztés során adódhatnak technikai nehézségek. Az egyik kritikus terület az alkalmazott CAPP rendszer adatbeviteli oldalán jelentkezik, véleményem szerint, és bízva az AP 214 protokoll szabványos voltában ez a feladat is

kezelhető. A másik nyitott probléma az előgyártmány megválasztása, valamint a már kész munkadarabot reprezentáló szilárdtest-modell alapján a ráhagyási alakzatok visszafelé történő megtervezése. Ezen feladat megoldását később tervezzük. Természetes, hogy a korlátozottan rendelkezésre álló fejlesztési erőforrások nem teszik lehetővé az ipari környezetben is ütiképes software-csomag elkészítését, de jelen cikkben csak a módszer elvi ismertetése volt a cél.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] POKORÁDI László: Fuzzy Logic-Based Risk Assessment. AARMS, Academic and Applied Research in Military Science, Volume 1, Issue 1 (2002) p. 63–73.
- [2] FEKETE-SZÜCS Dániel: Using STEP AND GT in data exchange between CAX applications. Automation in machine industry and in mechanical technologies. (7th International Conference „Automation in production planning and manufacturing”, 2006, Zilina Slovakia)
- [3] V. D. CVETKOV:Principi avtomatizacii projektyirovanyija optimálnüh tyehnologicseszkih processzov v masinosztrojenyii. Masinosztroitel', 1965, No6, pp. 7-10.
- [4] TÓTH Tibor: Automatizált tervezés a gépgyártástechnológiában. Miskolci Egyetem, 1989. 89-1590
- [5] KURIC,Ivan: – Matuszek, J. – Debnár, R.: Computer Aided Process Planning in Machinery Industry. Politechnika Lodzka, Bielsko Biala, 1999, ISBN 83-87087-00-9
- [6] ISO 10303 standard, 2002.
- [7] Autodesk Mechanical Desktop Reference Manual. Autodesk Inc. 2006.
- [8] FEKETE-SZÜCS Dániel: Integráció a számítógéppel segített alkalmazások között. Debreceni műszaki közlemények, 2006/4, 85-100.