

Ph.D. értekezés tézisei

Az intelligens gyártás anyagmozgató- és logisztikai
rendszerében alkalmazott vonalkódos azonosítók
sérülése során elveszett információtartalom
helyreállításának lehetőségei

Bohács Gábor
egyetemi adjunktus

Témavezető:
Dr. Kulcsár Béla
tanszékvezető egyetemi tanár

Budapest, 2004. Június.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

1997. szeptemberében kezdtem el a most bemutatásra kerülő doktori téma kutatását. A feladat nem volt könnyű, hiszen a témával ilyen átfogóan még nem foglalkoztak. Az eltelt évek a folyamatos előrehaladás ellenére sem nekem, sem családom számára nem voltak könnyűek. Ezért külön szeretném megköszönni nekik, különösen feleségemnek Ilonának és szüleimnek az állandó lelki támogatást és biztatást, mely nélkül nem sikerült volna végigjárni ezt az utat. Köszönöm a megértésüket, különösen a Münchenben eltöltött hónapok iránt. Külön köszönet illeti a BME, Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék minden dolgozóját, kollégáimat, akik szintén nagyon segítőkészek voltak. Ezúton szeretném kiemelni és megköszönni témavezetőm, Dr. Kulcsár Béla tanszékvezető egyetemi tanár állandó segítségét, neki szintén igen nagy szerepe volt, hogy ez a munka elkészült.

1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

1.1 A KUTATÁSI TÉMA AKTUALITÁSA

A piaci verseny napjainkban is tapasztalható erősödése a logisztikával szemben is egyre újabb követelményeket támaszt. Ez a logisztika automatizálási kérdéseiben is tetten érhető [Dull91]. A korszerű ipari gyártás egyik meghatározó jellemzője az előállítandó termékskála összetettsége, és folyamatos időbeni változása. A piacorientált megrendelésre gyártás következtében előtérbe került a termékek egyedisége iránti igény, amely nagy hatást gyakorolt az eladhatóságra, és amire az iparnak feltétlenül reagálnia kellett. Az így kialakult rendszereket rugalmas gyártórendszereknek nevezték. Jellemzőjük, hogy rövid időn belül, emberi beavatkozás nélkül, automatikusan képesek alkalmazkodni a változó termékfajtákhoz [Rop71]. A rugalmas gyártórendszerek azonban nem lennének képesek feladataikat megfelelő környezet nélkül ellátni. A megfelelő teljesítőképesség eléréshez feltétlenül szükség van a hozzájuk kapcsolódó rugalmasan működő automatizált anyagáramlási és informatikai rendszerekre. Berendezéseik (automatizált görgős- és függőszínpályák, függőkonvektorok, mobil robotok, stb.) a termelés és raktározás területén már szintén széles körben jelen vannak. A két rendszer megfelelő szinten történő működtetéséhez a logisztikai irányításnak is rugalmassá kellett válnia [Bit93].

A rugalmas anyagáramlási rendszerben a számtalan feladat elvégezhetőségéhez szükség van a rendszerben áramló termékekhez tartozó információk meghatározására. Ennek megvalósításában kulcsszerepet játszanak az azonosítási technikák. A rugalmas gyártórendszerek igényeinek csak megbízhatóan működő, automatikus azonosító rendszerek képesek megfelelni.

Jelenleg az automatikus azonosítási módszerek között leginkább a vonalkódos azonosító rendszerek kerülnek alkalmazásra. Vezető helyüket az azonosítás egyszerűségének, a rendszer, a kódhordozó kis költségének, és az igen szerteágazó nemzetközi szabványosításnak köszönhetik. A vonalkódos azonosítás az optikai úton történő azonosítás területére tartozik, amely az ember által megadott karakteres információt, bináris formában, különböző szélességű, eltérően reflektáló vonalak és közök segítségével hordozza. A vonalkódos azonosító rendszerek működésének kritikus jellemzője, amikor a leolvasás nem jár sikerrel. A gyakorlatban ez olvashatatlan, illetve tévesen olvasott azonosításban nyilvánul meg.

Az olvashatatlan kódok esetén az azonosítást, az azonosítandó objektumot a rendszerben külön kezelve, általában emberi munka felhasználásával végzik. Mivel ez a tevékenység nem automatizált, erősen negatív hatást gyakorol a teljes anyagáramlási rendszer teljesítőképességére. Továbbá meg kell jegyeznünk, hogy a kódok ember által történő azonosítása során szintén hiba léphet fel, ami könnyen téves azonosításhoz vezethet.

Téves azonosításnak nevezzük, ha a leolvasás a ténylegestől eltérő információt eredményez. A jelenség nemcsak az ember által történő azonosítás során lép fel, hanem automatikus leolvasó berendezéseknél is előfordulhat, számarányuk azonban a vonalkódok belső kódolásának, valamint a korszerű leolvasók belső intelligenciájának köszönhetően, elenyészően kicsi. A nagyfokú megbízhatóság és a fent említett előnyös tulajdonságok lehetővé teszik, hogy a leolvasási nehézségek ellenére a vonalkódok kellőképpen elterjedjenek. Azonban mindkét hibánál szem előtt kell tartani, hogy a rugalmas gyártó- és anyagáramlási rendszer, döntéseinek fontos részét a vonalkódon látható információ alapján hozza. Ez azt jelenti, hogy az olvashatatlan kódok fennakadásokat, a tévesen azonosítottak pedig akár súlyos károkat is okozhatnak a termelésben. Ez könnyen belátható, ha arra gondolunk, hogy például adott munkahelyen nem a munkadarabnak megfelelő megmunkálás következik be. Ezért az olvashatatlan, illetve tévesen olvasott vonalkódok problémájának megoldása rendkívül fontos.

Az olvashatatlan illetve tévesen olvasott kódok létrejötte több tényezőre is visszavezethető (kódhordozó, leolvasó berendezés, környezeti hatások), amelyek közül a dolgozatban csak a hibás kódhordozó következtében fellépő hibákkal foglalkozunk, mivel a másik két tényezőt a szakirodalom széleskörűen elemezte.

A kódhordozóval kapcsolatos olvasási nehézségek alapvetően a szabványban megkívánt méret, illetve kontraszt értékek be nem tartásából, illetve a megfelelően elhelyezett kódhordozó utólag olvashatatlanná válásából adódhatnak. Ez elsősorban a kódhordozó mechanikai sérülését vagy erős szennyeződését jelenti. Ezek a kódhordozók képezik vizsgálatunk alapját, melyeket a továbbiakban, összefoglalóan sérült vonalkódoknak nevezünk.

A sérült vonalkódok hiányos információtartalmát a különböző azonosítási technikák eltérő mértékben képesek helyreállítani. A konvencionális leolvasó berendezés nem képes megbirkózni a sérült vonalkóddal. Felmerül azonban a kérdés: mivel a kódhordozó felületének legnagyobb része ép, nem elegendő-e a megmaradó információ az irányítórendszer számára? Ezáltal ugyanis a fent leírt fennakadások kiküszöbölhetők. Meg kell jegyezni, hogy a vonalkódban tárolt információ helyes vagy hibás voltának érzékelésére és az anyagmozgató-logisztikai rendszerben való fizikai áramlást meghatározó beavatkozás között rövid idő áll rendelkezésre. Ez alatt a rövid idő alatt kell az irányítórendszernek a sérülés által épen hagyott információkból az irányítórendszer számára a helyes beavatkozást végrehajtó információkat előállítani. Ez a problémafelvetés képezi a kutatás alapját, melynek eredményeit a soronkövetkező fejezetekben mutatja be az értekezés.

A vonalkódok alkalmazásának széles köre miatt feltétlenül szükség van a kutatási területnek ezen a téren történő lehatárolására is. Az alkalmazott vonalkódok alapvetően kétféle információtartalommal rendelkezhetnek:

- egyszerű sorszám, amely a központi adatbázis háttére nélkül nem értelmezhető,
- illetve közvetlenül leolvasható információtartalom, amely például az egységgrakományon lévő áru megnevezése, tömege, mennyisége stb. lehet.

A kutatás során a második esetet nem vizsgáltuk, hiszen itt olyan sokrétű lehet az alkalmazott információ, hogy terjedelmi okok miatt nem lehetséges a különböző típusú információt tartalmazó vonalkódok sérülései által okozott hatások elemzése. Vizsgálatunk tárgya tehát a sorszám jellegű vonalkódok köre, melyeknek közös ismérve, hogy értelmezésükhöz mindig egy centrális adatbázis megléte szükséges, mely tartalmazza, hogy az adott vonalkóddal éppen milyen objektumot azonosítunk. (A problémával részletesebben a 8. fejezet foglalkozik.) Ez a megoldás különösen elterjedt az automatizált anyagáramlási rendszerekben, amelyekben az egységgrakomány képző eszközök vannak sorszám vonalkóddal ellátva, a centrális adatbázis pedig a terméknek az egységgrakományra helyezése során kapja meg az egységgrakomány – termék összerendelési információt. Ezután az anyagáramlási rendszer elágazási pontjaiban és az egyes munkahelyeken a végrehajtandó művelet a vonalkód információtartalma alapján történik, amely azonban a centrális adatbázison keresztül mindig meg van feleltetve egy adott terméknek (sőt megmunkálási állapotának is) ami biztosítja, hogy a döntés ténylegesen a kívánt objektumra vonatkozzon. Ebben az esetben tehát a vonalkód információtartalma alapján születik meg a döntés, de ehhez minden esetben ismerni kell a centrális adatbázisban hozzárendelt objektum információt, hiszen csak így képzelhető el, hogy adott egységgrakomány sorszám azonosító esetén a következő termék ráhelyezése után az egységgrakomány kezelésének módja is megváltozzon. Ezek tehát azok a keretfeltételek, amelyekre kutatási eredményeink érvényesnek tekinthetők.

1.2 A kutatás célkitűzései és módszerei

Az 1.1 fejezetben bemutatott probléma megoldására, figyelembe véve a 2. fejezetben leírt szakirodalmi elemzés megállapításait, a kutatás legfontosabb célkitűzései a következőképpen foglalhatók össze:

- A vonalkód leolvasás folyamatának egyes részterületeinek részletes elemzése, különös tekintettel a sérült vonalkódokra.
- Vizsgálatainkhoz hozunk létre olyan kísérleti berendezést, amellyel vonalkódok azonosítása elvégezhető, illetve rendelkezik a saját fejlesztésű szoftverek számára megfelelő, szabad programozású felülettel. A kidolgozott rendszer számára követelmény, hogy ipari környezetben, a rugalmas anyagáramlási rendszerek által, a leolvasóval szemben támasztott követelményeknek is megfeleljen. Ez többek között azt jelenti, hogy a rendszer működési sebessége tegye lehetővé, hogy az azonosítás az anyagáramlási rendszerben ne gátolja a folyamatos működését.
- Olyan dekódoló algoritmus kidolgozása, amellyel sérült vonalkódok információtartalmának helyreállítása is elvégezhető. A kidolgozott módszer felismerő képességének jobbnak kell lennie a szakirodalomban talált bármelyik módszernél, a sérült vonalkódok tekintetében.
- A dekódoló algoritmus felismerő képességének további javítási lehetőségeinek vizsgálata külső információk bevonásával.
- A vonalkódos azonosító információtartalmának meghatározása során annak figyelembe vétele, hogy a kód információ tartalma a sérüléseknek jobban ellenálljon. Ez a használt kódszavak redundanciával történő ellátását jelenti.

A kitűzött célok eléréséhez az értekezés a következőkben felsorolt vizsgálati módszereket alkalmazza:

- az irodalomban ismert módszerek elemzése, alkalmazhatóságuknak és hiányosságaiknak a feltárása,
- a modellalkotás a modellek megoldási módszerének és ehhez szükséges számítógépes programok kidolgozása. Elméleti megállapítások megtétele.
- Az elméleti megállapításoknak a valóságos szerkezeteken végzett mérésekkel való ellenőrzése.

2. Szakirodalmi áttekintés

A kutatás első lépését a szakirodalom átfogó feldolgozása jelentette. A munka során igyekeztem feltárni a témát érintő kutatásokat, tudományos publikációkat. A munka során bár sok használható adatra bukkantam, megállapíthattam, hogy a sérült vonalkódok információ tartalom visszaállításának kérdéseivel, átfogóan, ezt az értekezést megelőzően még senki sem foglalkozott. Ez elsősorban a probléma más irányból történő megközelítésével magyarázható.

Mivel a vonalkódok kialakulásának elméleti háttere a kódelmélet tárgykörébe tartozik, szükséges volt az irodalom ilyen irányú vizsgálata is [Faz66] és [Gyö00]. Speciálisan a vonalkódok kódelméleti vizsgálatával foglalkozó munka kevés, közülük Pavlidis és társai cikkét emelném ki [Pav90], amely a vonalkódok kialakulásának kódelméleti hátterével, a Hamming távolság szerepével és az információ tartalom kérdésével egyaránt foglalkozik.

Dullinger [Dul91] a sérült vonalkódok esetére a megoldást az ember által történő ismételt azonosításban, illetve az objektum új, hibátlan kódhordozóval történő ellátásában látja. Ennél a módszernél külön anyagáramlási hurok kerülne kialakításra, ahol megtörténhet a kézi azonosítás és az új azonosító elhelyezése. Ennek a struktúrának a részletes elemzését azonban nem végezte el. Megjegyzendő, hogy ez a szemlélet a témával foglalkozó szakemberek körében igen elterjedt.

Mivel munkánk egyik súlypontja a sérült vonalkódok számára is elegendően intelligens, vonalkód dekódoló algoritmusok kidolgozására irányult, ezért különösen értékesek voltak kutatómunkánkhoz a vonalkód dekódoló algoritmusokkal foglalkozó munkák. A szakirodalom azonban a dekódoló algoritmusok kutatásának nem szentel kellő figyelmet, meghatározó publikációként elsőként Boles [Bol90] cikkét említhetnénk, aki konvencionális dekódoló technikákat elemzett, különös tekintettel az eltérő kódhordozók hatására. Szintén a dekódoló algoritmusokkal foglalkozott Bittner [Bit93]. A szerző munkája azért értékes számunkra, mert

egy általa fejlesztett fuzzy dekódoló algoritmust mutat be, a dekódoló képességet azonban nem a sérült vonalkódok, hanem a túl nagy mérettűrésekkel rendelkező kódok szempontjából vizsgálta. A mérettűrés a vonalkód vonalainak és közeinek szélességére vonatkozik, melynek ingadozása elsősorban az előállítás módjára vezethető vissza. Munkája bebizonyította, hogy korszerű módszerekkel a konvencionális technikák azonosító képessége jelentősen javítható.

Hansen munkájával [Han92] szintén nagyban hozzájárult a sérült vonalkódok problematikájának megértéséhez. Az értekezés igen részletesen elemez a vonalkód olvasásra ható fontos tényezőket: a leolvasó berendezést, a környezetből érkező port és fényt, valamint a kódhordozó és a leolvasó relatív helyzetét. A kutatási eredményeket átfogó vizsgálatokkal támasztotta alá. A szerző is felveti művében, az olvasási biztonság növelésének kérdését, a kódszavak Hamming távolságának segítségével, de konkrét módszert nem fogalmaz meg ennek gyakorlati alkalmazására. Hansenhez hasonlóan Wray [Wra98] is összefoglalást ad az ipari környezetben tapasztalt, vonalkód olvasását befolyásoló tényezőkről.

Wang [Wan90] munkájában a különböző típusú egydimenziós vonalkódok összehasonlítását végezte el, amelyben a szerző szintén felhívja a figyelmet a Hamming távolságon alapuló hibajavító képességre.

Quinn [Qui90] cikkében elemzi a kódhordozók tényleges fizikai tulajdonságait, illetve ezek leolvasásra gyakorolt hatását. Műve számunkra is hasznos volt a dekódoló algoritmusok kidolgozása során, mivel segítette megérteni a vonalkódról készített képek jellemzőit, különös tekintettel a sötét és világos elemek találkozásánál.

A szakirodalomban sok helyen található konkrét vonalkódos azonosító rendszerek bemutatása. Ezek számunkra különösen értékesek voltak abból a szempontból, hogy az ipari alkalmazásokban milyen információ szerepel általában egy vonalkódon, egy adott anyagáramlási struktúrában hol történik identifikáció, és hogyan használják fel az információt. Ennek segítségével ugyanis következtethetünk a sérült kódok anyagmozgató rendszerre gyakorolt hatására. A több feldolgozott publikáció közül Heusel [Heu91] munkája emelhető ki, melyben egy teljes raktározási folyamat vonalkódos azonosítása követhető végig. A szerző említést tesz a sérült vonalkódokról, viszont a problémát, kizárólag új vonalkód felhelyezésével korrigálja.

Több szerző is felhívja a figyelmet a sérült vonalkódok hibás olvasása által okozott veszélyekre. Krupp [Kru88] úgy fogalmaz, hogy fellépésüket a rugalmas gyártórendszerekben feltétlenül meg kell akadályozni, mivel ezek komoly károkat okozhatnak a gyártóberendezésekben.

A fenti probléma kiküszöbölésére tesz javaslatot Ehrmann [Ehr99], aki a vonalkódok minőségét folyamatosan figyelő, korszerű „autoControl” rendszert mutat be. A módszer feltételezi, hogy az egységtrakomány palettájára helyezett kódhordozó a használat során kisebb sérüléseket és szennyeződésekert szerez, így fokozatosan válik olvashatatlaná. A leolvasó berendezés a leolvasott információn kívül egy minőségi mutatószámot is generál, melynek értéke a helyes leolvasások számának és az összes leolvasásnak az aránya. A berendezés ugyanis egy egységtrakományt egymás után többször is azonosít (lásd a többsugaras lézer scannerek leírását). Túlságosan szennyezett vagy sérült kódhordozó esetén az arányszám kicsi, ekkor csere szükséges, hiszen ekkor az olvashatatlaná válás nemsokára bekövetkezne. Ez a módszerrel a fokozatosan keletkező hibák megelőzhetők, bár a hirtelen bekövetkező nagy területű sérülések továbbra is gondot okozhatnak.

Külön figyelmet érdemel Reker [Rek96] munkája, aki ipari környezetben laser scanner segítségével vizsgálta a vonalkódok olvasását. Vizsgálataihoz egyaránt felhasznált az üzem során véletlenül keletkezett, és szándékos sérüléseket tartalmazó kódhordozókat. A vizsgálat során a nem azonosítható objektumokat a szerző különböző csoportokra bontotta.

Arnold [Arn87] cikkében arra hívta fel a figyelmet, hogy sérült vonalkódok azonosítására különösen alkalmasak a kamerával felszerelt rendszerek. Ez a technika, a laser és CCD scannereken túlmenően számos hasznos funkciót kínál, mint például a sérült vonalkódok rögzítésére, a sérülések okának kiderítésére, illetve a kódok elhasználódásának figyelésére.

Az irodalomban fontos helyet foglalnak el a leolvasó berendezések gyártóinak publikációi is. Ezek a vállalatok a legérdekeltettebbek berendezéseik folyamatos fejlesztésében. A publikálás fő fóruma a szakfolyóiratok mellett az Internet, ahol mindig a legfrissebb információ érhető el. A cikkek egyik fő jellemzője, hogy a fejlesztési eredmények részletei, így a megalkotott módszerek működési elve üzleti titokra hivatkozva nem hozzáférhetők. A publikációk elemzéséből azonban látható, hogy a gyártók a fejlesztésében különös hangsúlyt fordítanak a sérült, illetve nehezen olvasható kódok olvasására. Számos olyan módszer is kidolgozásra került, például a „SMART” [Ubr98] vagy a „PUZZLE SOLVER” [Dat01], amelyek bizonyos képességekkel rendelkeznek a sérült vonalkódok azonosítása területén, és működésükre is következtetni lehet. Megjegyzem, hogy ezek a módszerek az egy darabban látható vonalkódokon túlmenően képesek a több darabban lévő kódok összefűzésére is, azonban az általunk vizsgált információhiányos kódok felismerésére nem képesek.

Az irodalomkutatás során meggyőződhettem arról, hogy a vonalkódok speciális műszaki területet alkotnak, melyet több tudomány, eltérő szempontokból vizsgál. A szakirodalmi hivatkozások bizonyították, hogy a sérült vonalkódok azonosításának problémája ténylegesen fennáll, kiküszöbölésükre a leolvasó berendezések gyártói, akadémiai és egyetemi kutatóhelyek egyaránt törekszenek. Ehhez azonban a probléma speciális volta miatt csak kisszámú publikáció kapcsolódik. Az irodalomkutatás alapján megállapítható, hogy a nyilvánvaló szükség ellenére eddig egyetlen olyan elemzés sem készült, melynek középpontjában a sérülések és helyreállításuk problémája van. Ez a szükségszerűség jelentette az értekezés elkészítésének egyik alap gondolatát, mely módszertanában és terjedelmében egyaránt hasznos műnek bizonyulhat a témát továbbiakban kutatók számára.

3. Új tudományos eredmények

Az értekezésben kidolgozott új tudományos eredményeket az alábbiakban foglalom össze.

1. A vonalkódos azonosító információ tartalmának vizsgálata során a vonalkód által hordozott információ bináris alakját vizsgálva megállapítottam, hogy hibajavításra a kódelemek és a kódszavak szintjén nincs lehetőség, ezt legalább üzenet szinten kell elvégezni. Az üzenet szintű hibajavítást vizsgálva megállapítottam, hogy ezekre a kódokra is érvényes a kiválasztott üzenetszó halmaz hibakorrekciós képességére és az üzenetszó halmaz minimális Hamming távolságára vonatkozó összefüggés, vagyis az alkalmazott kódszó halmaz hibakorrekciós képessége annál nagyobb, minél nagyobb a tetszőlegesen kiválasztott két kódszó közötti Hamming távolságok minimuma.

Mivel a szakirodalomban eddig nem volt ennek a problémának a megoldására algoritmus, és a feladatot csak numerikusan lehet megoldani, ezért kidolgoztam két numerikus eljárást, amelyekkel az előre definiált hibakorrekciós képességgel rendelkező vonalkód halmaz kiválasztható.

Az értekezésben mindkét módszert kipróbálva összehasonlító vizsgálatokat is végeztem. Ennek során megállapítottam, hogy a „Kódtervezés a minimális számú „szomszédal” rendelkező üzenetszavak kiválasztásával” nevű módszer több vonalkódot talált mint a „Kódtervezés kölcsönösen minimális távolságra lévő üzenetszavak kiválasztásával” módszer, futási ideje viszont lényegesen nagyobb, ennek ellenére az első módszer tekinthető a problémamegoldás szempontjából hatékonyabbnak.

Megállapítottam továbbá, hogy a módszerek más vonalkód típusra is adaptálhatók, a másik vonalkód típus bináris alakját tekintve a módszer bemenetének.

2. Az értekezésben CCD kamerás rendszerek vonalkód azonosító rendszerként történő alkalmazását is vizsgáltam. A vizsgálatok két rendszerre terjedtek ki: az egyik egy PC-be építhető OFG típusú képfeldolgozó kártyás rendszer, a másik pedig egy OMRON F350 típusú ipari képfeldolgozó rendszer. A vizsgálatokat az Építőgépek, Anyagmozgató Gépek és Üzemi Logisztika Tanszék laboratóriumában található görgőspálya és szerelő-

anyagmozgató rendszereken végeztem. A vizsgálatok a kamera által készített képeken a sötét és világos vonalkód elemek elkülönülésére és az alkalmazott anyagmozgató rendszerek által biztosított egységakomány megvezetés minőségére vonatkoztak. A vizsgálat eredményeként *megállapítottam, hogy a feladatra mindkét képfeldolgozó rendszer alkalmas, felszerelésük azonban a szerelő-anyagmozgató rendszerre az egységakomány megvezetés szempontjából előnyösebb.* Megállapítottam továbbá, hogy a két rendszer hardverének eltérő felépítése miatt a kifejlesztendő szoftvereknek a hardver más-más előnyös tulajdonságait kell kihasználniuk. Az OFG kártya esetén előnyt jelent alkalmazott PC-nek gyors gépet választani, így a feldolgozó szoftver komplexitása növelhető. Az OMRON F350-es berendezés alkalmazásánál pedig előnyös a keresett minták számának növelése a működési idő lassítása nélkül. A rendszerekre kidolgozott módszerek működőképessége utólagosan támasztotta alá az alkalmazhatóságot. Az elért eredmények közül különösen az F350 esetén elérteteket tartom lényegesnek, hiszen ebben az esetben egy általános, egyszerű feladatokra készült ipari képfeldolgozó rendszert alkalmaztunk bonyolult, egyedi célra.

3. A sérült vonalkód képéből az eredeti információ helyreállítására a szakirodalom nem ismert konkrét algoritmust. Így erre a problémára is nekem kellett megoldást találnom. A kutatás során két alapvető algoritmust dolgoztam ki.

Az első az „Egydimenziós vektorra tömörítő módszerek” elve, amely a képi információt először a vonalkód jellegének megfelelően egydimenziós vektorra tömöríti, majd a sérült információ helyreállítását ezen a vektoron végzi el. *A vizsgálatok során azt állapítottam meg, hogy a módszer csak korlátozásokkal alkalmazható.*

Az előző módszer korlátozott alkalmazhatósága miatt fejlesztettem ki a folytonos információtartalmat kereső módszereket, amelynek működési elve, hogy a képen darabokban található információt azonnal dekódolja, majd illeszti a lehetséges kódok halmazára. *A módszer tesztelése során megállapítottam, hogy ez:*

- néhány másodperces futási ideje miatt *megfelel a rugalmas anyagmozgató rendszer által támasztott időbeli követelményeknek*, tehát, hogy az irányítórendszer számára a helyreállított vonalkód információja az anyagmozgatás megszakítása nélkül rendelkezésre áll,
- azonosító képessége pedig eléri az emberi szem által végrehajtható dekódolást, ami azt jelenti, hogy *nagymértékű sérülés esetén több lehetséges illeszkedő kód is adódhat.*

4. Az értekezésben részletes vizsgálatokat végeztem arra vonatkozóan, *hogyan változik a folytonos információtartalmat kereső módszer felismerőképessége az OMRON F350-el megvalósítva, ha a vonalkód és a leolvasó relatív orientációja megváltozik.* A szakirodalomban CCD kamerás rendszerre nem, csak lézer scannerre történtek vizsgálatok [Han91], így ennek eredményét nem tudtam vizsgálataim során felhasználni.

Az orientáció vizsgálata a következő paraméterekre terjedt ki:

- a vonalkód és leolvasó távolságának módosítása
- a vonalkód elforgatása a hossz tengely körül
- a vonalkód elforgatása a vonalkódot alkotó elemek tengelyével egyező irányú tengely körül
- a vonalkód elforgatása a kamera optikai tengelye körül

Vizsgálataim során megállapítottam, hogy a felismerő rendszer a kamera optikai tengelye körüli elforgatásra rendkívül érzékeny. Ez azt jelenti, hogy a vonalkód kismértékű elforgatása is a felismerő képesség drasztikus romlását eredményezi. Az értekezésben az érzékenység csökkentése érdekében elforgatott minták alkalmazására tettem javaslatot, hiszen a keresett minták elforgatottjait például 5 fokként betanítva a felismerőképesség nagyobb szögtartományig is fenntartható.

5. Az értekezésben igazoltam, hogy a vonalkód információtartalmának visszaállítására szolgáló módszerek megbízhatósága további információk bevonásával növelhető. Erre

vonatkozóan, a szakirodalomban elsőként, a leolvasó előtt elhaladó egységakományok vonalkódjainak sorrendjére vonatkozó predikciós modelleket dolgoztam ki és elemeztem a soronkövetkező vonalkód előrejelzésének megfelelősége szempontjából.

A kidolgozott predikciós modellek:

- autoregresszív modell,
- neuro-fuzzy ANFIS modell,
- saját fejlesztésű kapcsolat elemző hálózat (CAN: connection analyzing network) modell.

Az autoregresszív modellnél a következő lépésre előre jelzett megfigyelés az aktuális és az "n" darab előző megfigyelés lineáris kombinációjaként áll elő. A modell alkalmazásánál külön kérdést jelent, hogy hány előző mintát vegyünk figyelembe. A modell paraméterei a legkisebb négyzetek módszerével gyorsan és egzaktul meghatározhatók.

Az ANFIS hálózat a korszerű neuro-fuzzy rendszerek közé tartozik. Jellemzője, hogy jellemzőit (rétegeken belüli csomópontok száma stb.) explicit módon nem, csak próbálgatással lehet meghatározni. A hálózat erősen nemlineáris függvények közelítésére is alkalmas. Paramétereit hosszú betanító eljárással lehet meghatározni.

A saját fejlesztésű kapcsolat elemző hálózat működésének lényege, hogy minden lehetséges kimenet jelent egy-egy csomópontot. A csomópontok között nem súlyértékek, hanem diszkrét értékű függvények helyezkednek el. A függvények meghatározása betanítással történik. A hálózat működésének fontos jellemzője, hogy a függvények módosítása nem fejeződik be a betanulásnál, a hálózat paraméterei tesztelés közben is folyamatosan adaptálódnak.

6. A módszerek elemzéséből megállapítottam, hogy az anyagáramlás előrejelzésére az autoregresszív modellek kevésbé alkalmazhatók. Ez az érkező vonalkód sorrendből képzett függvény nemlineáris jellegével magyarázható. A vizsgálatok során megállapítottam, hogy a módszer által elért eredmény véletlen módon függ az autoregresszív modell rendjétől.

A neuro-fuzzy modellre vonatkozó vizsgálatok során megállapítottam, hogy ez a modell az egyszerűbb anyagáramlásokra jól alkalmazható, viszont komplexebb esetekre nem.

A saját fejlesztésű kapcsolatalemző hálózat eredményessége mindkét előző módszert felülmúlta. Ezen kívül számos olyan jellemzővel rendelkezik (pl. folyamatos adaptáció, gyors és egyszerű működés) amely lehetővé teszi az anyagáramlási rendszerek intelligens szenzoraiban történő alkalmazását.

4. A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ALKALMAZHATÓSÁGA A GYAKORLATBAN, A TOVÁBBFEJLESZTÉS KÉRDÉSEI

Az értekezésben elért eredmények gyakorlati alkalmazhatóságának kérdése három csoportba sorolható.

Az értekezés 6.2.2. fejezetében bemutatott folytonos információtartalmat kereső módszereket a gyakorlatban alkalmazhatónak tartom. Ezek a módszerek ugyanis helytelen azonosítást nem eredményezve, az ismert kódok alapján az összes lehetséges illeszkedő vonalkódot megadják. Ez a tulajdonság egyrészt akkor hasznos, amikor a vonalkód nem ép, de a maradék információ is elegendő az egyértelmű azonosításhoz, másrészt a lehetséges kódok kiszűrése az utólagos emberi beavatkozást is leegyszerűsíti, mivel nem kell a teljes kódot karakterenként megadni, hanem csak egy listából kell választani.

Az egydimenziós vonalkódok változtatható mértékű redundanciával való ellátása a minimális Hamming távolság biztosítása érdekében szintén alkalmazható a gyakorlatban, mivel alkalmas leolvasóval az egyértelmű azonosítás még nagymértékben sérült vonalkódok esetén is biztosított lesz.

A predikciós módszerek közül a kapcsolatalemző hálózat alkalmazása szintén javasolt, mivel ennek a segítségével nem egyértelmű azonosítás esetén a legnagyobb

valószínűséggel rendelkező vonalkód meghatározható lesz. Ez a módszer az emberi beavatkozást is megkönnyíti, hiszen ekkor a beavatkozó személynek nem kell az egész kódot megadnia, csak nyugtáznia a rendszer által felajánlott variációt. Ez a funkció a leolvasók intelligensebbé tételének fontos területét jelenti.

Az értekezésben elért eredmények mindegyike a vonalkódos leolvasás intelligensebbé tételével volt kapcsolatban. Vannak azonban olyan területek is, amelyekkel területi okok miatt nem foglalkoztam. Elsőként a vonalkódos azonosító információtartalmát jelölném meg. Az etikett ugyanis általában tartalmazza a vonalkód információtartalmát karakteres (OCR) formában is. A vonalkód leolvasót intelligens OCR funkcióval bővítve a hibajavító képesség minden bizonnyal javulna. A további kutatás fontos területe lehetne az is, hogy az azonosítandó objektumnak a leolvasó által vizsgált részét kiterjesztjük a vonalkódon kívülre is. A jelenlegi leolvasók ugyanis az elhaladó objektumot passzívan figyelik, egészen a vonalkód megjelenéséig. Nyilvánvaló, hogy az esetek egy részében az elhaladó objektumon vannak olyan vizuális részletek, amelyeket automatikusan megjegyezve és felismerve a hibakorrekciós képesség jelenősen javulna. Ezeknek a további vizuális jellegzetességeknek a figyelembe vétele azért is célszerű lenne, mivel a CCD és „linear imager” olyan készülékek, amelyek passzív optikai elven működnek, tehát nem alapvető módosításokkal ezeket kisebb képfeldolgozási feladatokra is lehetne alkalmazni. A leírt berendezés kifejlesztése megfelel azoknak a jövőre vonatkozó várakozásoknak, hogy a vonalkód leolvasók más funkciókkal is bővüljenek, így a felhasználó sokoldalú, multifunkciós és intelligens azonosító készülékkel legyen ellátva.

5. Publikációk

5.1 A szerzőnek az értekezéshez kapcsolódó publikációi

- [Boh99a] **Bohács, G. - Kulcsár, B.:** Identification of Damaged Barcodes Using a Fuzzy-neural Network. MICROCAD '99 Internationale Computer Science Conference Miskolc, 1999. február 24-25.
- [Boh99b] **Bohács, G. - Kulcsár, B.:** Reconstructing information of damaged barcodes using various prediction models. Proc. of the 10. International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Past-Present-Future" 53-54 p. Vienna, Austria 1999. ISBN-3-901509-10-0.
- [Boh99c] **Bohács G., Kulcsár, B.:** Sérülés és információtartalom közötti összefüggés elemzése vonalkódos azonosítók esetében, GÉP (L. évf.), 1999. 12. 20-24 p.
- [Boh99d] **Bohács, G., Kulcsár, B.:** Comparison of three Different Methods in the Prediction of the Material Flow in a Material handling System. Periodica Polytechnica. Ser. Transportation Engineering. (Vol.27) 1999. 1-2. 113-119 p.
- [Boh00] **Bohács, G. - Kulcsár, B.:** Formation of a News System for Processing Damaged Bar Codes. MICROCAD 2000 Internationale Computer Science Conference Miskolc, 2000. február 23-24.
- [Boh02a] **Bohács, G. - Kulcsár, B.:** Development of a Hybrid System for Processing Damaged Barcodes. MICROCAD 2002 Internationale Computer Science Conference Miskolc, 2002. március 7-8.
- [Boh02b] **Bohács, G.- Kulcsár, B.:** Sérült vonalkódok információtartalmának helyreállítása hibrid rendszer segítségével. GÉP, LVIII. évf. 2002/4., 7-10. old.
- [Boh03] **Bohács, G. - Kulcsár, B.:** Applicability of an image processing system based, damaged barcode processing method. MICROCAD 2003 Internationale Computer Science Conference Miskolc, 2003. március 6-7.

5.2 Az értekezéshez kapcsolódó egyéb publikációk

- [All91] **Allais, D. C.:** *The thin family – a new bar code concept*. High-speed inspection architectures, barcoding, and character recognition, 5 - 7 November 1990 Boston, Massachusetts (1991) ISBN : 0-8194-0451-9.
- [All01] **Allaga Gyula [et al.];** *A vonalkódtól a chipkártyáig*; Budapest; Prím; 2001; ISBN 963-00-6865-6.
- [Arn87] **Arnold, D.;** *Identifikationssysteme im Materialfluß*; VDI-Berichte; Nr. 660; VDI Verlag; 1987;
- [Arn91] **Arnold, D.;** *Flexibler Materialfluss fordert Identifikationstechniken*; F+H Fördern und Heben; 41; 1991;
- [Arn95] **Arnold, D.:** *Materialflußlehre: mit 23 Tabellen*. – Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1995 ISBN 3-528-03033-X.
- [Bar00] **Barck, R.:** *2D-Code – einer für alles*. Ident 4/2000.
- [Bel90] **Beliczai Tamás;** *Vonalkódos ismeretek*; Budapest; Vonalkódos Információs Egyesülés; 1990; ISBN 963 553 275 X
- [Bit93] **Bittner, F.;** *Gestaltung von Barcodeleseeinrichtungen im Materialfluß mit Fuzzy-Decodern*; Dissertation der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund, 1993.
- [Bol91] **Boles, J. A., Hems, R. K.:** *Analysis of bar code digitization techniques*. High-speed inspection architectures, barcoding, and character recognition, 5 - 7 November 1990 Boston, Massachusetts (1991) ISBN : 0-8194-0451-9.
- [Cle03] **Clermont, K.-H.:** *Zuverlässig auch im rauen Umfeld*. F+H Fördern und Heben 53 (2003) Nr, 3.
- [Cse90] **Cselényi József:** *Logistik von flexibler Produktionssystemen*; 8. Dortmunder Gespräche, Universität Dortmund, Dortmund; 1990; p.68-69.
- [Cse93] **Cselényi József:** *Logistics in computer integrated manufacturing*; Modern Gépgyártástechnológiai Nemzetközi Tudományos Konferencia, CUGIR; 1993; oct. 14-16.
- [Dat01] **Datalogic Optic Electronic GmbH;** *Gryphon Leseserie: Intelligenter Scanner für die Instinktiven Lesebereich*; Datalogic Optic Electronic GmbH; 2001; www.datalogic.com;
- [Dat01a] **Datalogic Optic Electronic GmbH;** *DLL5510-M Laser Handscanner*; Datalogic Optic Electronic GmbH; 2001; www.datalogic.com;
- [Dat04] **Datalogic Optic Electronic GmbH;** *Datalogic's NEW Enhanced Hand-Held CCD Reader DLC6165/90-M and PDF Reader DLC6265/90-M1*; Datalogic Optic Electronic GmbH; 2003; www.datalogic.com;
- [Dou00] **Douma, J.:** *CMOS-Bilderfassung als Allzwecklösung für die mobile Datenerfassung*. Ident 5/2000.
- [Dull91] **Dullinger, K.-H.:** *Automatisierungskomponente für die Logistik*. VDI Berichte 881 - Steuerung von Materialflusssystemen, VDI Verlag (1991).
- [Elt98] **Eltex W. Leihe GmbH:** *Kennzeichnung von Brammen*. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 5/1998.
- [Elt02] **Eltrotech Sensor GmbH.:** *Kameratechnik für die Automatisierungstechnik*. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 6/2002.
- [Eti98] **Etimark GmbH:** *Strichcodelösungen für den warenbegleitenden Informationsfluß*. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 5/1998.

- [Faz66] **Fazlollah, Reza:** *Bevezetés az információelméletbe*; Műszaki Kvk.; Budapest; 1966.
- [Fin03] **Finkenzeller, Klaus:** *RFID handbook, fundamentals and applications in contactless smart cards and identification*; Chichester; Wiley; 2003.
- [Fuc00] **Fuchs, R., Douma, J.:** *Ordnung im Chemielager*. F+H Fördern und Heben 50 (2000) Nr, 10.
- [Fur81] **Furrer, F. J.:** *Fehlerkorrigierende Block-Codierung für die Datenübertragung*; Basel; Birkhäuser Verlag; 1981; ISBN 3-7643-0975-X
- [Gyö00] **Györfi, László:** *Információ- és kódelmélet*; Budapest; Typotex; 2002.
- [Han91] **Hansen, H-G.:** *Experimentelle Untersuchungen zur Bewertung von Einflüssen beim Lesen von Strichcodes mit Laserscannern*; Wissenschaftliche Berichte des Institutes für Fördertechnik der Univeritaet Karlsruhe; HEFT 34; 1991;
- [Han00] **Hand Held Products Inc.:** *SCANTEAM[®] 3215: Hand Held CCD Scanner*; Hand Held Products Inc.; 2000; www.handheld.com;
- [Han00a] **Hand Held Products Inc.:** *Dolphin[®] 7400: Handcomputer und Scanner*; Hand Held Products Inc.; 2000; www.handheld.com;
- [Han01] **Hand Held Products Inc.:** *IMAGETEAMTM 3800LR: Hand Held Linear Imager*; Hand Held Products Inc.; 2001; www.handheld.com;
- [Han01a] **Hand Held Products Inc.:** *SCANTEAM[®] 5770ALR: Cordless Advanced Long Range Laser Scanner*; Hand Held Products Inc.; 2001; www.handheld.com;
- [Han01b] **Hand Held Products Inc.:** *Selecting A Hand Held Scanner: Which Technology is Right for You?*; Hand Held Products Inc.; 2001; www.handheld.com;
- [Han01c] **Hand Held Products Inc.:** *Why choose a linear imager?*; Hand Held Products Inc.; 2001; www.handheld.com;
- [Han02] **Hand Held Products.:** *Besserer Barcode-Check*. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 1-2/2002.
- [Hel97] **Hellmich, Rainer:** *Einführung in intelligente Softwaretechniken*; München; Prentice Hall; 1997; ISBN 3-8272-9546-7.
- [Han02] **Hand held Products:** *Selecting A Hand Held Scanner: Which Technology is Right for You?* <http://Overwiev.Handheld.com/hhp/products/documents/9176391361.tpl>
- [Han03] **Hand Held Products Inc.:** *World Link: The Latest News in Data Capture and Data Management Solutions from HHP*; Hand Held Products Inc.; 2003; www.handheld.com.
- [Här91] **Härdtner, M.:** *Materialflußsteuerung als integraler Bestandteil eines flexiblen Fertigungssystems*. VDI Berichte 881 - Steuerung von Materialflusssystemen, VDI Verlag 1991.
- [Heu91] **Heusel, G.:** *Zentrales Versandlager HOECHST AG, Frankfurt/Main*. Trends in Materialflußsystemen: Planung, Betrieb Beispiele; Deutsche Gesellschaft für Logistik, TÜV Rheinland Verlag; 1991.
- [Hom99] **Homburg, D. Reiff, E.-Ch.:** *Barcodeleser in der Fertigung*. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 6/1999.
- [Hom00] **Homburg, D., Reiff, E.-C.:** *Zielverfolgung bei Wertbehältern*. Ident 4/2000.
- [Hop82] **Hopfield, J. J.:** *Neurons Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities*; Proc. National Acad. Science Vol 79.; 1982;

- [Hor98] **Horváth, Gábor**; *Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai*; Budapest; Műegyetemi Kiadó; 1998; ISBN 963 420 577 1.
- [Hül90] **Hülsen, E.**; *Sicherung der Verfügbarkeit einer Paketsortieranlage*. VDI Berichte 833 – Verfügbarkeit von Materialfluss-systemen, VDI Verlag, 1990.
- [Ima91] **Imaging Technology Incorporated**: *OFG Hardware Reference Manual* (No: 47-H30001-03), August 1991
- [Jan93] **Jang, J.**; *ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference system*; IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics. VOL. 23.; 1993; NO. 3, 665-685
- [Jan97] **Jang, J & Sun, C & Mizutani, E**: *Neuro-fuzzy and soft computing*, Prentice-Hall, ISBN 0-13-261066-3, Upper Saddle River; 1991.
- [Jün91] **Jünemann, R.**: *Entwicklungstrends in Materialfluß und Logistik. Trends in Materialflußsystemen: Planung, Betrieb Beispiele* (Deutsche Gesellschaft für Logistik, TÜV Rheinland Verlag, 1991)
- [Jün98] **Jünemann, R., Beyer, E.**; *Steuerung von Materialfluss- und Logistiksystemen*; Berlin; Springer Verlag Berlin Heidelberg; 1998; ISBN 3-540-64514-4.
- [Kna00] **Knaack, B.**: *Materialfluss und Identifikation im Pharmabetrieb*. Ident 7/2000.
- [Ken90] **Kendall, M. & Ord, K.** ; *Time series*; London; Edward Arnold; 1990; ISBN 0-85264-295-4.
- [Ker93] **Kern, P. E.**: *Entwicklungstendenzen bei Barcodes*. F+H Fördern und Heben 43 (1993) Nr. 3.
- [Koh86] **Kohonen, Teuvo** ; *Learning vector quantization for pattern recognition*; Department of Technical Physics, Espoo, Finland; 1986; ISBN 951-753-950-9;
- [Kna03] **Knapp, A.**: *Geschwindigkeit ist keine Hexerei*. F+H Fördern und Heben 53 (2003) Nr, 9.
- [Krä00] **Krämer, K.**: *Die Informationstechnische Basis der Materialflussteuerung*. F+H Fördern und Heben 50 (2000) Nr, 1-2.
- [Kru88] **Krupp, A.**: *Introduction of bar codes for automated printed circuit board manufacture*. Automatic Identification-an IFS executive briefing, IFS Verlag (1988) ISBN : 3-540-50349-8.
- [Kuh85] **Kuhn, A., Meinberg, U.**: *Ein Kozept zur Integration von Produktionslogistik und Fertigungssteuerung*. F+H Fördern und Heben 35 (1985) Nr. 6.
- [Kul98] **Kulcsár Béla**; *Ipari logisztika*; LSI Oktatóközp., Budapest; 1998; ISBN 963-577-242-4
- [Leo91] **Leonards, F.**: *Steuerung flexibler Materialflußsysteme in einer Automobilmontagewerk*. VDI Berichte 881 - Steuerung von Materialflusssystemen, VDI Verlag (1991).
- [Leu99] **Leuze electronic**: *Barcodetechnik im Molkereibetrieb*. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 9/1999.
- [Mac78] **MacWilliams, Sloane, N.J.A.**; *The Theory of Error-Correcting Codes*; Amsterdam; North-Holland Publishing; 1978; ISBN 0-444-85009-0;
- [Magy95] **Magyar, Béla.**; *Az egységes nemzetközi termékazonosító kódrendszer*; Budapest; EAN Consulting Kft.; 1995.
- [Mau90] **Maul, E.**: *Verfügbarkeit aus der Sicht der Auftragsabwicklung*. VDI Berichte 833 – Verfügbarkeit von Materialfluss-systemen, VDI Verlag, 1990.

- [Nas90] **Nass, A.:** *Einfluß des Steuerungskonzeptes auf die Verfügbarkeit von Fördersystemen.* VDI Berichte 833 – Verfügbarkeit von Materialfluss-systemen, VDI Verlag, 1990.
- [Oeh91] **Oehlmann, H.:** *Kommunikation in Materialfluß und Logistik über Barcode.* Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 4/1991.
- [Omr95] **OMRON CORPORATION;** *F350 Visual Inspection System, OMRON Vision Language (OVL);* OMRON CORPORATION; 1995; Cat.No. Z109-E1-1;
- [Omr01] **OMRON CORPORATION;** *V550-A20 Bar Code Reader;* OMRON CORPORATION; 2001; Cat.No. V500-E3-3;
- [Pal88] **Palmer, R. C.:** *Bar code technology.* Automatic Identification-an IFS executive briefing, IFS Verlag (1988) ISBN : 3-540-50349-8.
- [Pav90] **Pavlidis, Theo, et. al.:** *Fundamentals of Bar Code Information Theory.* IEEE Computer Science Magazine, 1990 April.
- [Ple90] **Pless, V. ;** *Introduction to the theory of error-correcting codes;* Wiley; 1990; ISBN 0-471-61884-5
- [Pho00] **Photon Vision Systems;** *High Performance Linear CMOS Image Sensors;* Photon Vision Systems; 2000; www.photon-vision.com;
- [Por00] **Porsch, K.-H.:** *Bessere Logistik durch elektronische Behälteridentifikation.* Ident 7/2000.
- [Qui90] **Quinn, A. M., Eastman, J. M.:** *Optical Properties of Bar Code Symbols for Laser Scanning.* High-speed inspection architectures, barcoding, and character recognition, 5 - 7 November 1990 Boston, Massachusetts (1991) ISBN : 0-8194-0451-9.
- [Rek96] **Reker Ulrich:** *Vom Konzept zum System;* F + H Fördern und Heben 46; 1996 Nr. 1-2.
- [RJS88] **RJS Enterprises Inc., USA:** *Encoding Information.* Automatic Identification-an IFS executive briefing, IFS Verlag (1988) ISBN : 3-540-50349-8.
- [Rüt00] **Rüttgers, Martin – Stich, Volker;** *Industrielle Logistik;* Aachen; Wissenschaftsverlag Mainz in Aachen; 2000; ISBN 3-86073-614-0
- [Rop71] **Ropohl, Günter;** *Flexible Fertigungssystem zur Automatisierung der Serienfertigung;* Mainz; Krausskopf; 1971.
- [Sch91] **Schulz, R.-H.;** *Codierungstheorie;* Braunschweig; Vieweg Verlag; 1991; ISBN 3-528-06419-6.
- [Sch00] **Schulte, J.:** *Mit Barcode und Datenfunk zum „gläsernen Verlagskontor“.* Ident 5/2000.
- [Sic01] **Sick AG;** *CLP 100 Identifiziert Elektronikbauteile auf einen Blick;* Sick AG; 2001; www.sick.de;
- [Sic04] **Sick AG;** *Identifikation von Felgen und Rädern anhand beliebig orientierter Barcodes;* Sick AG; 2004; www.sick.de;
- [Sic04a] **Sick AG;** *Identifizierung von Blechcoils in Abhaspelanlage mittels Barcodeetiketten;* Sick AG; 2004; www.sick.de;
- [Som86] **Somló János:** *Optimization problems in FMS;* Japan-USA Symposium on Flexible Automation, Osaka; 1986.

- [Som89] **Somló János**: Optimization Aspects of Experimental FMS at the Technical University of Budapest (TUB); IFAC Decisional Structures in Automated Manufacturing, Genova; 1989.
- [Sym00] **Symbol Technologies**; *P300FZY Bar Code Scanners*; Symbol Technologies; 2000; www.symbol.com;
- [Ubr98] **Ubrich, W.**: Scanner steuern Filialversorgung bei C&A. Deutsche Hebezeuge und Fördertechnik 5/1998
- [Vaj82] **Vajda, István**; *Hibajavító kódolás és műszaki alkalmazásai*; Budapest; Budapesti Műszaki Egyetem, Mérnöktovábbképző intézet; 1982; ISBN 963 431 919 X.
- [Wan91] **Wang, Y. P. , Pavlidis, T., Schwartz, J.**: *Analysis of One-Dimensional Bar Code*. High-speed inspection architectures, barcoding, and character recognition, 5 - 7 November 1990 Boston, Massachusetts (1991) ISBN : 0-8194-0451-9.
- [Wra88] **Wray, B. R.**: *Bar codes in harsh manufacturing environments*. Automatic Identification-an IFS executive briefing, IFS Verlag (1988) ISBN : 3-540-50349-8.