Gaines, B. R. (1966). Vyucovací stroje pro operátory (Teaching machines for the human operator). In British Teaching Machines Exhibition and Symposium, pp. 1-25. Czechoslovak Academy of Sciences, Prague (Czech version of "Teaching machines for perceptual-motor skills" 1966 & associated correspondence).

Vyučovací stroje pro operátory.

Přednese p. B.R. G a i n e s z ústavu The Psychological Laboratory Cambridge.

Výzkum automatických trenažérů pro kognitivní dovednosti již dosáhl toho, že byla uznána jejich užitečnost, což dovoluje, abychom se nyní zaměřili spíše na konstrukci dobrých strojů a programů, než abychom je ospravedlňovali jako prostředek výuky. Tento přechod se musí ještě uskutečnit u automatických trenažérů pro takové dovednosti jako je psaní na stroji, řízení vozidel a létání, všude tam, kde se podílí motorická percepce. Výzkum týkající se vyučovacích strojů pro motorické dovednosti směřoval k tomu, aby byl podán důkaz spíše o jejich užitečnosti, než aby se zlepšoval stroj pro určitou aplikaci. Jediný velký pokus o němž máme dosud zprávu, byl proveden Hudsonem, který poukázal na signifikantní sklon k výcviku ve středně-těžkých podmínkách pro operátora, spíše než v podmínkách snadnějších nebo obtížnějších. Ziegler, Birmingham a Černikov popsali "Vyučovací stroj pro výběr a výcvik řidičů vozidel vyššího stupně ", který odstraňuje zrychlení při sledování úkolů, když průměr chyb operátora klesá; pak vyvinul stroj pro výcvik děrovače karet, při kterém kodování, rychlost prezentace a potíže s položkami se mění jakožto funkce latence a správnosti reakce operátora; a Kelley a Senders podali zprávu o pokusech při nácviku pilotů na automatizovaných trenažérech.

Nicméně práce tohoto druhu je možno opominout ve srovnání s pracemi týkajícími se vyučovacích strojů pro kognitivní dovednosti, třebaže vojenský, průmyslový a lékařský potenciál pomůcek pro výcvik motorických dovedností je značně veliký. Důvodem je zde částečný nedostatek znalosti struktury perceptivně - motorických dovedností a optimálních podmínek pro jejich výcvik, částečný nedostatek introspekce pokud se jedná o takové úkony, které by nás převedly přes tyto nedostatečné znalosti a konečně potíže technologického rázu a náklady na konstrukci automatických trenažérů - neexistuje bohužel žádný ekvivalent programu pro výuku létání.

V této přednášce bych rád pojednal především o automatických trenažérech pro všechny typy dovedností v rámci všeobecné teorie o systémech, kde pojmy doplňkovosti (komplementárnosti) a rovnocennosti

(ekvivalence)dovolují aby se výzkumu jak automatického řízení tak i psychologie použilo v souborné analýze výcvikové situace. Jsou potom zkoumány rozdíly mezi motorickými a kognitivními dovednostmi vzhledem k jejich významu pro výcvik a uvedeny podrobnosti o učení a provedení některých jednoduchých motorických dovedností, aby byly ilustrovány podstatné znaky podobnosti mezi nimi. Konečně jsou popisovány pokusy s konstrukcí a použitím vyučovacích strojů pro výcvik motorických dovedností.

Interakce člověk-stroj.

Nejnovější vývoj v automatické kontroly a výzkumu všeobecných systémů objasnil mnohé rysy interakce člověk-stroj v situacích kontroly, zkoušení, výcviku a řízených situací. Syntéza regulátorů s vícestupňovými strategiemi, jako jsou adaptivní regulátory a učící se stroje, umožnila pokládat lidi a stroje za ekvivalentní složky systému a používat výzkumu na jednom pro možnost porozumění druhému. Např. technika vzdělávání a výcviku, která byla dříve omezena na člověka, je nyní důležitá pro výrobu regulačních systémů a strategie učení vyvinuté pro stroje, mohou být modelem pro jednání člověka a řídit syntézu výcvikových pomůcek.

Jedním z principů systému, který má zvláštní význam pro výcvikovou situaci je princip komplementarity. Jednotkový systém je uzavřeným celkem a nevysílá ani nepřijímá informaci nebo energii. Jestliže pojmově rozdělíme systém na dvě části a přiřkneme jedné části roli, např. adaptivního regulátoru nebo sebe organizujícího systému, pak zbytek systému musí převzít roli komplementárnosti. Stručněji, zbytek systému musí tvořit vhodnou " oblast" pro tu část,kterou jsme oddělili. Jestliže zbytek okolí je nevhodný pro roli komplementárnosti, pak snad budeme moci pozměnit systém tak, aby jím mohl být . Např. jestliže jedné části systému je přidělena úloha "regulátoru" a druhá část vytváří nevhodné prostředí proto, že její variace způsobují oscilaci kontrolní smyčky, pak může být přičleněna menší kontrolní smyčka speciálně za tím účelem, aby tyto variace omezila. Podobně jestliže jedné části systému je přidělena úloha "učení se" a druhá část tvoří nevhodné okolí, protože vykazuje nedostatečnou variaci chování, pak může být připojen další doplňkový systém, který rozruší okolí odporující cíly, kterého se první část systému snaží učením dosáhnout.

Zavedení dalšího doplňkového systému může být provedeno buď jako modifikace komplementárního okolí, nebo jako interakce dvou doplňkových systémů s jediným okolím. Tomu odpovídají pojmy soutěž, kooperace a

neutralita. Jestliže role přidělená jednomu systému se stane přidáním druhé méně snadnou, pak o této druhé říkáme, že je kompetitivní. Pokud provedení usnadňuje, je kooperativní, jinak je neutrální. A tak ve shora uvedeném příkladu doplňkový systém je kompetitivní k roli "regulátoru", ale kooperativní k roli učícího se. Tento zvláštní příklad ukazuje, že vzájemné vztahy uvnitř systému jsou vytvářeny pouze s ohledem na přidělenou úlohu. Tyto vztahy budou velmi rozsáhlé, budou-li jak regulátor tak okolí adaptivní a budou moci převzít více úloh. Budou ještě rozsáhlejší, bude-li se uvažovat o systémech spíše mnohonásobných než binárních nebo ternárních. Kompetitivní a kooperativní systémy byly vyzkoušeny hlavně v teorii her a nejnověji v literatuře o řízení.

Nakonec však snad nejdůležitější je to, že vývoj strojů, které přejímají úlohu přiřčenou dříve výhradně člověku, znamená, že již není zapotřebí představit si jednu složku systému jako člověka a druhou jako stroj. Zvláštní systém může být realizován s jedním z nich nebo s oběma. Např. pokusy se situacemi v učení a s jejich manipulováním mohou být prováděny jak s lidmi tak ise stroji. Tato ekvivalence také znamená, že v praktických systémech to není nezbytně člověk, ktery je přizpůsobivým a rozhodovacím partnerem, ale stroj, který je partnerem pro shromažďování informací a pro provedení úkonu. Vývoj v konstrukci strojů způsobil, že takové dělení práce se hůře rozeznává a tak se vyrovnanější a pružnější způsoby spolupráce stávají zjevnými. V další části přednášky je pro ilustraci těchto pojmů použito zvláštního příkladu interakce člověk-stroj, která není zatemňována komplexními jevy adaptace.

Člověk jeko služebník stroje.

Jednoduchým příkladem komplementárnosti, kooperace a ekvivalence člověk-stroj je dvoustupňový regulátor, ve kterém existuje vztah pán-služebník. To je znázorněno v obrazci 1. , kde vrchní regulátor M působí nakonec na oblast E, avšak mezi M a E je druhý regulátor S. Existuje mnoho možných důvodů pro to, aby S tvořilo část oblasti M, avšak nejdůležitější je, že M asi nemá přímé spojení s E a že S může vytvářet a udržovat podmínky v E, čímž se stává vhodným doplňkem pro M. Má-li S funkci toliko sdělovací a nereguluje zpětnou vazbu, pak se redukuje na dvojici transduktorů s určitou místní zpětnou vazbou pro manipulaci, jak znázorněno v obrazci 2.

Mohli bychom uvést příklady takového dvoustupňového řízení u lidí i u strojů, které je dáno vztahem řídící - řízený. Zajímavé

případy se vyskytnou tehdy, kdy jedním kontrolerem je člověk a druhým stroj. Tyto příklady znázorňují ekvivalenci vzhledem k jejich úlohám. Je snadné si představit člověka jako vrchní regulátor vyššího řádu nebo jako řídící složku, ktery nastavuje na termostatu teplotu v místnosti, nebo seřizuje parametry automatického řízení, avšak není tak snadné představit si člověka v úloze řízeného. Ve skutečnosti jsou tyto případy dost běžné a jejich další vývoj povede k používání vyučovacích strojů v řízených situacích. Např. příručky pro obsluhu elektronického zařízení předpisují řadu zkoušek, které může provádět operátor, aniž by tomu rozuměl (je zde jen proto, že stroj pro letování přívodů a spojů vedení je příliš drahý) a potřebnou opravu může provést slepě. V leteckých soupravách testů, které mají zabudovaný kotouč s instrukcemi, který se při provádění testů pod okénkem odvíjí, jsou mechanizovány nevětvené sledy zkoušek. Mechanizaci větvených struktůr dovolujících plynulé rozhodování pomocí stroje navrhli nedávno Newm n a Scantlebury, kteří zkonstruovali "vyučovací stroj", který má mít funkci řídícího regulátoru a má přebírat odpovědnost od člověka za vymýšlení strategie testů a pamatovat si důsledky dřívějších výsledků.

Těsná spolupráce člověka a stroje ve vztahu řídící-řízený je příkladem, jak se mění způsob využití lidskych dovednostÍ. Zatímco je snadné automatizovat logické postupy, analýzu dat a rozhodování v číslicovém počítači, je nesnadné nalézt ekvivalent poznávacích a postřehových schopností člověka a jeho důvtipu při provádění motorického úkonu, směřujícího k předepsanému cíli s velmi různými efektorovými vzory , závislými na počáteční konfiguraci okolí. Percepční motorická dovednost umožňuje člověku hrát úlohu řízeného a to jako přizpůsobivá řada efektorů a receptorů s místně regulovanou zpětnou vazbou. Výcvik pro tento účel nabyl větší důležitosti mechanizací válečných prostředků a automatizací průmyslu.

Různé formy učení se .

Ekvivalence úlohy člověka a stroje je novějšího původu a je méně zřejmá, uvažuje-li se o adaptivních schopnostech. Lidé se učí a je možno použít stroje k tomu, aby je učily, avšak mohou se stroje učit a můžeme použít lidí, aby je učili ? Kladná odpověď na obě tyto otázky je jedním z nejnápadnějších vývojů v moderním automatickém řízení. Lidská přizpůsobivost se vyžaduje v situacích, kdy člověk nemá čas, nemá paměť nebo adaptivní schopnost a proto byly vyvinuty automatické přístroje, které by ho nahradily. Komplikovanost takových

učících se strojů (adaptivních) pro speciální účely je nemožně nákladná a proto se využívá částečně znalostí a schopností člověka pro výcvik universálního stroje. Abychom mohli analyzovat techniku výcviku podíváme se v dalších částech přednášky hlouběji na problémy a techniku učení, a to v souvislosti se zkušenostmi získanými prací na adaptivních artefaktech.

Učení pomocí příkladů.

Můžeme rozlišovat dva hlavní typy rozumově zdatných artefaktů: ty, které se učí pomocí příkladů a druhé, které se učí pomocí výkonu. Typickým pro druhou skupinu je Perceptron, Learning Matrix a Adaline, které "pozorováním" chování druhého systému se stanou nakonec schopnými jej napodobit. Smith použil Adalinu pro percepční motorický úkon vyvážení tyče tím, že Adalinu naučil napodobovat automatický regulátor; Donaldson jako příklad simulace pomocí jeho "Error-Decorrelatoru" použil člověka k provedení téhož úkolu.

Vzorný příklad výcviku stroje, který se učí pomocí příkladu, je znázorněn na obrazci č. 3., kde výcvikový regulátor schopný provést úkol, působí na okolí a jeho vstupy a výstupy jsou připojeny k adaptivnímu učícímu stroji, který jej má napodobit. Výkon adaptivního učícího stroje závisí na jeho schopnosti napodobovat výcvikový regulátor v širokém rozsahu situací, což vyžaduje ekonomického využití jeho skladovací kapacity. Dosahuje se toho pomocí generalizačního postupu, který zpomaluje učení a jeho rychlost je závislá ve velké míře na volbě sledu výcviku. Obrazec 4. znázorňuje použití trenažéru pro střídání výcvikového sledu pomocí manipulace okolí nebo pomocí výcvikového regulátoru, aby se dosáhlo nejvyšší rychlosti učení. Zpětná vazba trenažéru od adaptivního stroje umožňuje tomuto reagovat na zvláštní potřeby a lze ji dosáhnout přímým pozorováním, pokud je to možno, nebo testováním výkonu adaptivního učícího stroje v intervalech během výcviku.

Tento typ učení je sám o sobě jednoduchý avšak může zahrnovat velmi komplikované sdělovací prostředky, když vstupy a výstupy znázorňujícího regulátoru, sloužícího jako příklad, nejsou přímo přístupny adapativnímu učícímu stroji. Učíme-li se hrát šachy tím, že pozorujeme hru druhých, je učení velmi znesnadněno nedostatkem informací o tom, která ze spousty informací je okamžitým a rozhodujícím vstupem hráče a o kolik možných výstupů se pokusil a odmítl je. Popisy hry se snaží překonat tyto potíže, ale veškerá šachová strategie nemůže být přeměněna v slova a komentována. A tak když vzorný příklad z obrazce 3. pozměníme na příklad v obrazci 5., není záruka, že učení bude mít

výsledek. Dívat se na člověka, jak jede na kole, není vůbec žádnou pomocí. Aby byly překonány tyto sdělovací potíže, musí se zřídit vhodné kanálky mezi výcvikovým regulátorem a adaptivním učícím strojem. Např. Holding cvičil operátora v jednoduché úloze sledování použitím servokanálku jako příkladu. Vjemové spojení bylo provedeno použitím diskrétního pozičního zobrazení, ve kterém nemohl vzniknout zmatek v relativních znacích pro polohu, rychlost, zrychlení atd. Motorické sdělování bylo zkoušeno tím, že lidské ruce nebo nohy byly přinuceny, aby konaly pohyby, shodné s pohyby servokanálku. Byl vyvinut jazyk k překonání sdělovacích potíží, který hraje důležitou úlohu při učení se všem dovednostem, ale jazyka lze použít pouze pro sdělení makrostruktury dovednosti, tj. vedlejších cílů, kterých mikrostruktura musí dosáhnout.

Učit se pomocí výkonu.

Učit se pomocí výkonu se liší od učení pomocí příkladu v tom, že napodobování druhého regulátoru není možné a adaptivní učící stroj musí kráčet přes pokusy a omyly a měnit svou strategii podle jejich účinků. Je-li k dispozici okamžitá zpětná vazba, pokud jde o správnost úkonů, pak může být zhotoven dost jednoduchý stroj, který modifikuje jejich strategii směrem k optimalitě. Když však existuje zpětná vazba jen pokud jde o správnost celkové strategie, pak realizace optimisačního postupu je velmi nesnadná.

Příklady strojů s bezprostřední zpětnou vazbou výkonu se najdou mezi adaptivními modelovými regulátory používanými ke kontrole vysoce výkonných letadel. Pro lidský regulátor je adaptace snadná, jsou-li výsledky jeho akcí okamžitě zřejmé a učiní-li se rychle úpravy potřebné pro kompenzaci změn parametrů při jednoduchém úkolu sledování. Jestliže zpětná vazba, pokud jde o správnost strategie, neúčinkuje od akce k akci, nýbrž se dostaví až když je dosaženo cíle, pak učení je mnohem nesnadnější. Andreae-ova STELLA a Widrow-ovo "Učení se pomocí řemínku k botám" jsou příklady mechanizace přizpůsobování za těchto okolností a ukazují na vzrůst požadavků, kladených na paměť a logickou komplexnost, nezbytnou v podmínkách celkového posílení. Člověk operátor zjistí, že tato situace je stejně obtížná a že sporty jako golf, kde zpětná vazba se dostavuje po dlouhém sledu pohybů nebo při sledování jaké vyžaduje řízení lodi nebo ponorky, kde účinky akcí jsou zpožděny, jsou velmi nesnadné a vyžadují schopnosti, které každý nemá.

V důsledku toho bude učení rychlejší, když je k dispozici okamžitá zpětná vazba, která se týká správnosti akcí. Avšak přímá rozšířená

zpětná vazba, jak znázorněno v obrazci 6., je nebezpečná, poněvadž se může stát, že se na ni spolehneme při provádění výkonu a nepoužijeme ji jako pomůcky při učení. Podobné nebezpečí nastává při učení pomocí příkladu, když cvičenec je přesvědčen, že znázorňující regulátor provádí úkol a on se nenamáhá aby se mu naučil. Na opačném konci není k dispozici žádný sdělovací kanálek pro rozšířenou zpětnou vazbu do adaptivního učícího stroje.

Těmto potížím je možno zabránit tím, že se neprovede nová forma zpětné vazby, nýbrž že se spíše umožní cvičenci, aby lépe využil té, která je zde k dispozici. Při sledování úkolů je potíž se získáváním okamžité zpětné vazby, pokud jde o účinek akcí, způsobena nadbytečnou aktivitou znázornění, vzniklou nestabilností kontrolní smyčky u naivního operátora. Výcvikový regulátor, který udržuje stabilitu smyčky, může umožnit cvičenci, aby viděl účinnost svých akcí; takový názorný příklad je na obrazci 7. Zatímco většina cvičenců vyžaduje kooperativní výcvikový regulátor, je tomu opačně, je-li úkol jednoduchý cvičenec vykazuje příliš málo aktivity a proto kompetitivní výcvikový regulátor pomáhá při výcviku. Důležitost "stability" při výcviku jakékoliv strukturální dovednosti byla zdůrazněna Paskem a interakce kooperujících nebo konkurujících regulátorů byla studována Isaacs-em jako "diferenciální hra".

V příkladu na obrazci 7. není žádný prostředek pro eliminaci výcvikového regulátoru a přece se tak musí stát dříve nebo později, protože je konečným cílem výcviku, aby cvičenec sám prováděl úkoly (nebo v termínech spolupráce člověk-stroj se může očekávat určitý přesun odpovědnosti). Názorný příklad v obrazci 8. ukazuje instruktora, který obměňuje stupeň kooperace/soutěžení výcvikového regulátoru buď celkovým vyloučením jeho působení nebo co největším zvýšením jeho soutěžení. V další části přednášky je pro rozeznání různých typů výuky použito způsobu práce instruktora , jak vidíte na obrazci č. 4.a 8.

Různosti výcviku.

Problém instruktora je sám o sobě řídícím úkolem: cvičenec má být veden od počátečního stavu kde jeho výkon je neuspokojivý, ke konečnému, kde je přijatelný a to musí být provedeno rychle a pohotově. Podle strategie instruktora je možno rozlišovat čtyři způsoby výcviku při provádění tohoto kontrolního úkolu : při fixním výcviku je cvičenci okamžitě předložena požadovaná úloha a spoléhá se na jeho schopnost, aby se tomu ihned naučil ; při výcviku s otevřenou smyčkou prezentuje instruktor pevný sled úkolů, které jsou vhodně odstupňovány tak, aby všichni cvičenci byli schopni je sledovat, tj. "zůstat stabilní " -

- toho je často zapotřebí při vyučování ve velkých skupinách, kde nelze počítat s individuální variací a je to přirozeně technika lineárního nebo Skinnero-ova programu; Při výcviku se zpětnou vazbou rozhoduje instruktor o příštím úkolu dle schopnosti cvičence - to může být zřejmě působivější, protože to odpovídá potřebám jednotlivce a je to technika větvených programů; a konečně při adaptivním výcviku je větvená strategie trenažérů modifikována od cvičence k cvičenci tak, aby se stala co nevhodnější pro všechny účastníky výcviku. V tomto posledním stadiu můžeme mluvit o instruktorovi, který se sám učí. Takový proces byl automatizován toliko pomocí počitače.

Trenažér se zpětnou vazbou používá informací o stavu cvičenců pro manipulaci výcvikového regulátoru a je možné zřídit kanálek přímého sdělování mezi trenažérem a cvičencem při nejmenším k přenášení části těchto informací. Cvičenec byl dosud pokládán za dvoustupňový adaptivní regulátor, ale operátor člověk je komplikovanější a sdělování je možné jak na adaptivní úrovni tak i kolem ní. V praxi to znamená, že instruktor může použít slovní direktivy, aby popsal požadovaný způsob řízení nebo aby je podpořil a může sám přijmout požadavky, týkající se změny výcvikových podmínek. Pask a Lewis používali takového kanálu, aby zabránili cvičenci řídit kanál pouze prostředky, které jsou jinak k dispozici. Konečný názorný příklad výcviku se zpětnou vazbou je znázorněn v obrazci 9. kde přímé sdělovací kanály mezi trenažérem a cvičencem doplňují jejich dřívější "spojení" vzájemným působením okolí.

Testování.

Kteréhokoliv trenažéra se zpětnou vazbou lze použít jako přístroje k testování, poněvadž vzniklé výcvikové trajectory, se budou měnit podle schopnosti cvičence. Použití tohoto trenažéru pouze pro účely testování je obzvláště lákavé při motorických dovednostech, poněvadž pevný výcvik a výcvik s otevřenou smyčkou mají mnoho společného a vyhovují pouze pro dostatečně schopné cvičence, kteří musí být vybráni pomocí spolehlivých testů ; takové zkoušky mohou být použity také, aby se pomohlo instruktoru-člověku (který je "trenažérem", vyžadujícím zpětnou vazbu). Konvenční zkoušky dovednosti měří výkon na pevném úkolu a jsou necitlivé, poněvadž operátor má tendenci roztřiďovat je na takové, které udržují stabilitu smyčky a fungují dobře a na takové, které jsou nestabilní a fungují špatně. Byly vyvinuty různé techniky, aby učinily tyto zkoušky citlivějšími, včetně zkoušky "sekundárním zatížením", kde výkon na pomocném úkolu je použit jako měřítko snahy,

která se může odchýlit od hlavního úkolu dříve, než se stane nestabilní. Avšak názorný příklad výcviku se zpětnou vazbou podle obrazce 8. představuje velmi citlivou zkoušku schopnosti v termínech spolupráce, požadované, aby smyčka byla stabilní a na okraji nestabilnosti není možné sekundární zatížení, poněvadž všechny snahy směřují k hlavnímu úkolu.

Rozdíly mezi percepčními motorickými dovednostmi a kognitivními znalostmi.

Dosud se nedělalo velkého rozdílu mezi percepčními motorickými dovednostmi a kognitivními znalostmi a důraz byl kladen na výcvik všech, obzvláště těch, které v sobě zahrnují "řízení" v nejširším smyslu. Účelem této přednášky je též částečně dát podnět k tomu tvrzení, že v teorii není třeba dělat žádného rozdílu a že vyučovací stroje pro percepční motorické dovednosti a kognitivní znalosti je třeba rozlišovat jen v praktických a technických podrobnostech. Hlavní praktický rozdíl je v tom, že u motorických dovedností fyzické prostředí, s kterým je cvičenec ve styku je obvykle vysoce specifické a vlastně definuje dovednost, zatím co u kognitivních znalostí je obvyklý typ prostředí " tužka apapír". Oba tyto momenty, nedostatek všeobecnosti a zvýšené technologické potíže znesnadňují konstrukci a aplikaci automatických trenažérů pro motorické dovednosti.

Důležitější než ostatní rozdíly v dovednostech jsou rozdíly ve struktuře dané dovednosti, které jsou všem společné; např. rozdíly mezi učením a provedením, mezi slovním a neverbálním chováním a mezi použitím spojů vstup-výstup a asociacemi vstup-výstup. Chování a učení se motorickým dovednostem je podobné jako u kognitivních znalostí a verbalizace, induktivní logika a procesy pokusu a omylu jsou společné oběma případům. Různé typy dovednosti se neznatelně prolínají a kategorická rozlišování jsou tu spíše pro pohodlí psychologů, než aby byla založena na reálných atributech lidského chování. Zhodnocení podobností různých dovedností a vývoj všeobecné techniky výcviku je brzděn nedostatkem informací o aktivitě percepčních motorických vjemů. Ačkoliv kinetografy osvětlily v mnohém pohyb sledů (v jazyku specialistů jsou úplné popisy chování při motorických úkonech vzácné). V další části je podrobný popis struktury a učení se některých jednoduchých dovedností sledování dráhy pro srovnání s korespondujícím chováním při kognitivních znalostech.

Percepční motorické dovednosti.

Sledování dráhy se považuje za typický příklad motorické

dovednosti a obraz pilota, jak pohybuje pákou, aby udržel výšku podle výškoměru nebo obraz řidiče, jak pohybuje volantem, aby sledoval směr cesty, jsou stereotypními při motorickém výkonu. Nicméně dovednost sledovat dráhu má své zvláštní znaky, které nejsou společné všem motorickým úkonům, protože může být prováděno udržováním plynulého sledu - bod za bodem - mezi stimulem a reakcí. Toto je způsob, kterým jednoduchý servo-mechanismus provádí sledovací úkol a lidské chování při sledování se velmi přibližuje kontinuálnímu modelu za určitých okolností; např. při sledování náhodné dráhy na základě systému malého zpoždění. Avšak toto platí jen pro velmi omezený soubor úkolů a lidské motorické chování je zásadně diskontinuální a je výsledkem spíše odděleného procesu rozhodování, než nepřetržitým sledem popudů a reakcí. I při sledování, kde je k dispozici zpětná vazba omylu, kde je plynule monitorována, vznikají effektorové sekvence diskontinuálně jako kompletní programy , prezentované ve chvíli kdy je dosaženo kritické konfigurace. Obrazec 10. ukazuje reakci (pozice ruční páky) operátora, sledujícího sinusové výchylky na základě systému zpožďování. Když poloha a rychlost předváděného signálu chyby dosáhne určité hodnoty, změní operátor polohu řídící páky. Přiblížení se k původní sinusoidální výchylce je jasně vidět a přirozeně ruší tuto odchylku tak, jak to operátor zamýšlí. Podstatný rozdíl mezi tímto sledem vhodných pohybů jako reakcí na vizuální popud, daný lidským operátorem a mezi sledem vhodných odpovědí jako reakcí na dotazy debatérů, je snad zjevný jenom proto, že uvažujeme ve slovech a nikoli v pohybech.

Rozhodování, nesouvislý způsob reakce, jak vidíme na obrazci 10., je dobře vyznačeno, protože operátor byl v počátečním stadiu učení a jeho výkon měl zpoždění, způsobené zpožděním jeho zpětné vazby. Později při dalším učení se nebo při kratším intervalu zpoždění se reakce stává plynulejší a méně podobnou stupňům schodů, protože jak vidíte na obrazci 11., vykonává operátor pohyby, které lépe anulují poruchu. Je nesnadné vidět odděleně strukturu a analyzovat tyto pohyby, zvláště když jejich rozmanitost je taková, že se zřídka opakují. Ovšem, jestliže operátora omezíme v jeho možném "výstupu" na stlačení jednoho nebo dvou tlačítek, pak bude možno podrobněji zkoumat činnost sekvencí.

Operátor má tlačítko v každé ruce a má s nimi manipulovat tak, aby udržel ručičku přístroje ve středu stupnice. Neřekneme mu, jaká je funkce tlačítek, ale ta jsou ve skutečnosti uspořádána tak, aby

dávala impulsy ručičce buď doprava nebo doleva. Zda některé tlačítko dá pravý nebo levý impuls, závidí na předchozích stlačeních, jsou však vždy přesně v protilehlé poloze, takže pravý nebo levý impuls může být dosažen libovolně za předpokladu, že je známa jejich funkce. To co jednotlivé tlačítko udělá, se mení od jednoho stisknutí ke druhému, takže když knoflík je stlačen, další stisk vyšle opačný impuls a proto přechod na druhé tlačítko dá impuls stejný. Složitost této kontroly je taková, že je zapotřebí důkladného učení se operátora, kterému se to vše zdá být cizím oproti jeho normálním tendencím. A přece použití této kontroly je tak jednoduché a přirozené, když se s ní naučíme zacházet.

Když dáme operátoru tato tlačítka jako kontrolu při jednoduchém úkolu k sledování dráhy, rychle se naučí co má dělat, pozná jakou mají funkci a může říci např., že střídavé sledy tlaku vyšlou ručičku jedním směrem a že sled tlaku na jedno tlačítko způsobí oscilaci ručičky, aniž by se dále pohybovala. Toto verbální chování mu umožní provádět kontrolu, nicméně rozumové reakce jsou příliš pomalé a on není schopen přemoci určité přirozené sklony udělat řídící pohyb opačný vůči tomu, pro který by se rozhodl slovy. Např. operátor má začít stisknutím jednoho z knoflíků, aby si zjistil jejich stav. Jestliže ho jiné poruchy ručičky nespletou, pak směr počátečního pohybu ukáže stav tlačítek. Jestliže tento pohyb je proveden v požadovaném směru, pak tlakem na druhé tlačítko bude v určování jejich stavu pokračovat, jinak tlakem na totéž tlačítko je indikace anulována; tato strategie je zcela cizí jeho přirozené tendenci měnit při chybě a opakovat správný úkon. Když tato tendence je překonána, použije se jiné strategie, která usnadňuje zapamatovat si stav knoflíku: dva knoflíky jsou vždy stisknuty ve sledu AB nebo BA a ne A nebo B samotné jako na začátku. Tímto je dáván dvojí impuls jedním směrem a ponechává systém tlačítek ve stejném stavu jako byl na počátku, takže další opakování AB nebo BA má stejný účinek. Tento způsob strategie se vyvíjí v jinou strategii, ve které velikost celkového pohybu je kontrolována délkou sledu ABABAB ... nebo BABABA. Zároveň se vytváří komplementární strategie, která dává operátoru možnost změnit směr pohybu ručičky tím, že obrátí první stlačení tlačítka : ABABAB BA způsobí dlouhé vysunutí řekněme doleva a ručička je uvedena do správné polohy krátkým tlakem doprava.

Za předpokladu, že neudělá chybu, může operátor kontrolovat ručičku pouze pomocí strategie již popsané, avšak udělá-li chybu na

počátku úkolu musí zjistit stav tlačítek. Strategie, které použije pro tuto situaci, pozůstává ze dvou tlaků na tentýž knoflík v rychlém sledu. Směr počátečního pohybu skýtá požadovanou informaci a knoflíky jsou ponechány v jejich původním stavu. Tyto a jiné strategie se postupně integrují a v konečných stadiích učení se nesnadnému úkolu operátor nepřetržitě tiskne tlačítka v různém sledu, což nemůže být přiřčeno některé separátní strategii. V tomto stadiu je prakticky nemožné verbálně vyjádřit postup operátora, který mohl dříve při učení podat souvislý výklad svého přístupu k problému, ale nyní nemůže říci co dělá, nebo proč to dělá.

Předešlá analýza jednoduché situace sledování s vizuální zpětnou vazbou se také hodí pro naučení sledů pohybu, jako v golfu, kde hlavně pohled určuje počáteční časování a povahu pohybu. V golfu převládá pohyb a vizuální zpětná vazba převládá při jednoduchém sledování, ale většina motorických dovedností spadá mezi tyto dva extrémy. Na závěr tohoto oddílu pojednání bude snad nejlépe, když vyzveme čtenáře, aby si vzpomněl na svou vlastní zkušenost při vyučování nebo učení se kognitivním znalostem, jako je euklidovská geometrie. A aby to srovnal s učením se funkční motorické dovednosti, jak bylo shora vysvětleno. Vhodné konstrukce jsou neoddělitelně spojeny s určitými znaky; jednotlivé kroky při důkazu se kombinují a slučují v jednotnou akci. Manipulace analyzátora s neznámým integrálem a pilotova manipulace s jemu dosud neznámým letadlem, je stejně odborná a založena na zákonech, které mohly z vědomí vymizet. Problémy s výukou v jednom směru jsou podobny problémům, s kterými se setkáváme při výuce v druhém směru a technika, použitá v automatizaci výcviku na jedné straně, může být dobře použitá v automatizaci druhého výcviku.

V přítomné době práce na výuce kognitivních znalostí pokročila dále než práce, týkající se výcviku v motorických dovednostech, však můžeme doufat, že v budoucnosti budou opět postupovat společně a poskytnou souhrnný přístup k všeobecně důležitému problému nejlepšího využití schopností člověka.

Vyučovací stroj pro dovednost sledování.

V tomto oddílu je nastíněno několik pokusů týkajících se projektu a konstrukce zpětnovazebního trenažéru pro sledování dovednosti. Vzor vidíme na obrazcích 8. a 9. Typ zvoleného prostředí je příbuzný s typy prostředí u vysoce výkonného letadla, raket a ponorek, které mají dlouhou dynamickou reakci ve srovnání s reakcí operátora. Úkolem je udržet návěstidlo v rámci dané oblasti prezentace (kontrolní apara-

tury - rychloměr nebo osciloskop) pomocí manipulování řídícími orgány (pákou ručního řízení nebo tlačítky).

Je známo, že čím větší je počet integrátorů mezi kontrolou a prezentací, tím nesnadnější je úkol operátora stabilizovat smyčku. Bez integrátoru spočívá jeho kontrola v měnění polohy návěstidla; s jedním integrátorem mění rychlost, sdvěma mění akceleraci (polohou volantu se ovládá akcelerace vozu při jízdě příčně); s třemi se střídá stupeň změny v akceleraci. Poněvadž většina operátorů shledává, že dva integrátory jsou kontrolovatelné, avšak nejsou schopny stabilizovat tři, byla vzata jako základní prostředí trojice integrátorů mezi kontrolou a prezentací spolu s postupně opakovacím stupňovitým signálem poruchy.

Výcvikový regulátor, jak je znázorněno v obrazci 15., má dva výstupy z prostředí a tři vstupy. Jeden vystup je poruchový signál, a to umožňuje aby cvičitel opačným signálem upravil poruchu v amplitudě a frekvenci. Druhým výstupem je rychlost v návěstidlu a to umožňuje, aby cvičitel opačným signálem upravil akceleraci a stupeň změn v akceleraci. Dynamická charakteristika prostředí těmito smyčkami zpětné vazby je podobná charakteristice podélného pohybu letadla a je možno říci, že intenzita zpětné vazby mění poměr útlumu a přirozenou frekvenci létadla, tj. f_n . Když se první faktor snižuje k nulovému bodu, létadlo vibruje a je zapotřebí rychlého, avšak měkkého zásahu; když se snižuje druhý k nule, létadlo se zpomaluje a je zapotřebí anticipace při kontrole tohoto faktoru. Poruchový signál může být považován za činitele, který udává, do jaké míry a jak často jsou poruchy v letu létadla.

Trenažér porovnává velikost chyb v prezentaci s fixní tolerancí a podle toho též se zvyšuje nebo klesá kooperace instruktora. A proto je-li smyčka stabilní, je chyba malá, intenzita kooperace se snižuje, aby přivedla operátora blíže k nestabilitě. Naproti tomu, je-li smyčka nestabilní a chyba velká, intensita kooperace stoupá až do té míry, že operátor je kontrolován. Tato strategie umožňuje, aby cvičenec viděl účinek svých akcí, avšak po celou dobu ho nutí do sféry, kde je možno se více naučit.

Parametry, použité pro nastavení spolupráce výcvikového regulátoru, určují čistou amplitudu a frekvenci poruchy a přirozenou frekvenci a poměr útlumu létadla . Variace v těchto čtyřech parametrech popisují dráhu v pětirozměrném testu nebo ve výcviku

prostor-čas a pro pohodlí každý parametr je zaznamenán jako fixní, anebo může se měnit a ostatními podél jedné dimense.

Testování.

Má-li se stroj použít pro testování, trenažér seřídí jeden parametr poměrně rychle, až smyčka se octne na pokraji nestabilnosti. Pak změní ostatní parametry buď odděleně, nebo kontinuálně a udržuje smyčku na pokraji nestability seřízením prvního parametru. Dráhy v rovině přirozená frekvence /poměr útlumu, jsou zvláště zajímavé, kdy Hall ukázal, že strategie pilotovy kontroly a jeho názor na vlastnosti létadla jsou radikálně ovlivněny jeho souřadnicemi v této rovině. Hranice mezi stabilní a nestabilní kontrolou jsou pro tři lidské operátory /A,B,C) vyznačeny v obrazci 12. Byly určeny přetržitým měněním poměru útlumu, zatímco přirozená frekvence se měnila kontinuálně. Aby se ověřilo, že trenažér pracuje správně, může být operátor nahražen automatickou kontrolou. Pomocí dvou jednoduchých pomocných relé se zjistily hranice D a E. Typický závěr, plynoucí z tohoto diagramu je, že operátor A asi zjistil zrychlování návěstidla, když kontroloval létadlo při útlumovém poměru O. Způsob jakým trenažér mění přirozenou frekvenci, aby uvedl operátory (A,B) a pomocné relé (C,D) k asymptotám na pokraji nestability. je znázorněn na obrazci 13. Měření hodnoty asymptoty je možno provést v době kratší 90 vteřin a mohou být provedeny rychlé testy při různých podmínkách. Tento diagram je nápadně podobný diagramům, které sestavil Gedye, aby vyučovacím strojem otestoval u dvojice schopnost učení se. Tato podoba je více než povrchová, protože stroje bylo použito jako zkušebního přístroje se zpětnou vazbou, který přivedl pacienty na pokraj nestabilní interakce s jejich vlastním prostředím, které mělo vyřešit problém. Zvyšování nesnadnosti úkolu do té míry až zkoušený úplně selže, je velmi citlivou nulovou metodou, která se používá v neautomatizovaných formách nejen při testech inteligence podle Bineta a Wechslera, ale též v elektronických přístrojích pro měření frekvenční charakteristiky transistoru.

Výcvik.

Výcvik pro úkol, obsahující jen jednu větší dovednost, vyvolává u operátora nudu, skýtá málo volného pole pro učení se a neodpovídá motorickým úkolům skutečného života, kde integrace s mnoha dalšími formami dovednosti tvoří větší část učení. A proto, nemá-li výsledek různých technik výcviku být maskován a nemají-li vzniknout artefakty a má-li výcvik mít určitý význam pro realitu života, je důležité, aby

se cvičenci poskytly různé příležitosti aby si zlepšil své výkony učením se a integrováním podružných dovedností. Toto jsou požadavky opačné vůči požadavkům pro testování vrozených nebo již dříve naučených dovedností a úkol sledování dráhy ruční pákou, popisovaný jako řízení se hodí spíše pro testování než pro výcvik. Jestliže však ruční páka je vyměněna za složitou kontrolu tlačítek, jak bylo dříve popsáno, pak se úkol radikálně mění. Operátor se musí mnoho učit a zde přichází k platnosti interakce mezi jeho různými podružnými dovednostmi, protože je nutné, aby dovedl použít tlačítek, aby se naučil sledovat dráhu. Ale zároveň je nutné, aby věděl něco o svém úkolu sledování, aby se něčemu naučil o systému tlačítek. Takováto vzájemnost je realistická, má stimulující úkol, kterým se udržuje zájem cvičence.

V obrazci 14.A je výcviková dráha operátora, používajícího tlačítka pro stabilizaci systému, jehož přirozená frekvence a poruchová frekvence byla pevně stanovena a jehož poměr útlumu a emplituda poruchy byl, seřízena, aby měnila stupeň kooperace. Trenažér ho přivádí k asymptotě, která odpovídá jeho počáteční schopnosti a udržuje ho v tom stavu po dobu 5 minut. Ku konci této doby náhle stoupne jeho zručnost a pak je přiváděn k asymptotě vyššího řádu. Dráha B byla provedena tímtéž operátorem při druhé zkoušce o několik hodin později a je vidět, že operátor podržel svoji dovednost, protože přistoupil ihned k horní asymptotě. Takovýto rychlý vzestup dovednosti je obvyklý v této situaci výcviku a odpovídá to učení strategie koordinace tlačítek.

Tato řada pokusů slouží k srovnání čtyř výcvikových podmínek: fixní výcvik, kde operátoru je bezprostředně předložen požadovaný úkol a on se má učit za nestabilních podmínek; výcvik otevřené smyčky kde kooperace je snížena na nízký stálý stupeň, nezávislý na výkonu cvičence; výcvik se zpětnou vazbou, kde instruktor seřizuje kooperaci aby udržel smyčku na pokraji nestabilnosti ; a konečně výcvik systémem otevřené smyčky, kde dráha, vykonaná operátorem za podmínek výcviku se zpětnou vazbou je použita jako dráha pro výcvik pomocí systému otevřené smyčky pro druhého operátora. Tato poslední situace dovoluje oddělit výcvikové složky systému otevřené smyčky a prvky systému zpětné vazby. Pro tyto pokusy se hodí piloti i pacienti, trpící poruchou centrálního nervstva. Vyučovací stroj pro kognitivní znalosti byl začleněn do systému testování/výcvik, takže je možné přímé spojení mezi trenažérem a cvičencem. Toho se používá na

vysvětlení pokusných procesů, ke studiu a modifikaci operátorových verbálních reakcí při sledování a změnách výcvikových situací pomocí verbálních interakcí s cvičencem.

Závěry.

V této přednášce je kladen důraz na výcvik motorických dovedností, avšak základní teorie automatizovaného výcviku je nezávislá na dovednosti, ke které směřuje výcvik. Pojmy komplementárnosti, kooperace/soutěžení a ekvivalence člověk-stroj, mohou být použity pro analýzu kterékoliv formy interakce mezi člověkem a strojem. Práce s vyvíjením strojů, které jsou adaptivní a učí se, daleko přesahuje práci na psychologii člověka a skýtá pohled na problémy a techniku učení, který je nedocenitelný pro konstruktéra automatických trenažérů. Tyto stroje mohou být použity také jako standardní operátory protože jejich charakteristické znaky jsou opakovatelné.

Byly vyvinuty vzory pro výcvikové stroje nebo operátory, kteří se učí buď na příkladu nebo na výkonu a tyto zahrnují v sobě trenažér, který sám obsahuje problém kontroly. Jeho strategie řešení tohoto problému je používána pro rozlišování čtyř typů trenažérů : fixní trenažér, který se spoléhá na schopnost cvičence naučit se požadovanému úkolu; trenažér otevřené smyčky, který dává fixní sledy úkolů vedoucích k hlavnímu požadovanému úkolu; trenažér se zpětnou vazbou, který střídá sledy úkolů podle schopnosti cvičence; a adaptivní trenažér, který využívá svých zkušeností s dřívějšími cvičenci, aby zlepšil toto střídání sledů.

Právě tak jako první vyučovací stroj Pressey-ho nalezl okamžité použití v testování, tak bude použito zpětněvazebných trenažérů pro motorické dovednosti k testování schopnosti pro tyto dovednosti. Zatím co použití těchto testů pro výběr a hodnocení pilotů a řidičů je samozřejmé může jich být použito též pro potřeby lékařství a výchovy. Pacienti, kteří utrpěli úraz hlavy nebo páteře, vykazují charakteristické motorické poruchy, které dnes lze těžko kvantitativně zjistit. Pokud jde o výchovný systém, bylo podotknuto, že prostorové testy mohou být důležité pro zjišťování vědeckých a technických schopností. Trenažér se zpětnou vazbou, popsaný v této přednášce, poskytuje rychlý, jednoduchý a únosný test jednoho typu prostorově motorické schopnosti a princip zpětné vazby může být použit pro navrhování dalších specifických testů.

Náklady na moderní létadla a na rakety jsou velmi vysoké a patrně dosáhnou takové výše, že nebude možno provádět výcvik ve vzduchu. Ať jsou dnešní pozemní simulátory jakkoliv komplikované, jsou pevnými trenažéry, které se spoléhají na lidské instruktory vzhledem k jejich dlouhodobé zpětné vazbě a adaptivnosti. Je zde ještě mnoho problémů k řešení, nežli bude moci být zpětná vazba začleněna do simulátoru, aby to byl opravdový vyučovací stroj, ale nutnost optimalizace výcviku na zemi je tak naléhavá, že to musí být provedeno. Jednoduché trenažéry, které tu byly popsány, nalézají bezprostřední použití v leteckém výcviku za účelem zbystření motorické reakce, bdělosti a anticipace, dále slouží jako prostředek při léčení chorob z povolání v nemocnicích, ale plné uplatnění výcviku zpětnou vazbou čeká na svou realizaci v budoucím vývoji simulátorů.

L i t e r a t u r a .

1. Hudson : Adaptive Training & Nonverbal Behaviour : NAVTRADEVCEN 1395-1, July 66.
2. Ziegler, Birmingham, Chernikoff: An Equalization Teaching Machine : USNRL Rep. 5855, Nov 62.
3. Pask : An Approach to Cybernetics : Hutchinson 1961.
4. Kelley: Self-Adjusting Simulaters : IRE Conf.Human Factors, 1962.
5. Senders: Adaptive Teaching Machines : in "Programmed Learning and Computer-Based Instruction": Wiley 1961.
6. Mesarovic: Views on General Systems Theory : Wiley 1964.
7. Mishkin, Braun : Adaptive Control Systems: McGraw Hill 1961.
8. Andreae : Learning Machines : in "Encyclopaedin of Linguistics, Information and Control " : Pergamen (to be pub.).
9. Ashby : Principles of the Self-Organizing System: in Principles of Self Organization" : Spartan 1962.
10. Von Neumann, Morgenstern: Theory of Games and Economic Behaviour : Princeton 1944.
11. Dresher, Shapley, Tucker : Advances in Game Theory : Princeton 64.
12. Ho : Differential Games : IEEET AC-10(4) Oct 65 501-503.
13. Bryzgalov et al : Homogeneous Games for Automata and Their Computer Simulation : Aut.i Tel.25(11) Nov 64 1572.
14. Newman, Seantlebury : Teaching Machines as "Intelligence Amplifiers" Comm.NPL 1964.
15. Lindgren : Machine Recognition of Human Language : IEEE Spectrum, March, April, May 1965.
16. Ernst. MH1, A Comuputer-Operated Mechanical Hand : AFIPS 1962.
17. Rosenblatt: A Model for Experiential Storage in Neural Networks: in "Computer and Information Sciences" Spartan 64.
18. Steinbuch : Adaptive Networks Using Learning Matrices : Kybernetik Band 11 Feb 65 148-152.
19. Widrow, Smith : Pattern-Recognizing Control Systems: in "Computer and Information Sciences" Spartan 64.
20. Smith : Contactor Control by Adaptive Pattern-Recognition Techniques" Stanford University Tech.Rep. 6762-1 April 64.
21. Donaldson : Error Decorrelation Studies on a Human Operater Performing a Balancing Task : Med.Electron. & Biol. Eng. 2 1964 393-410.
22. Donaldson: Errer Decorrelation : Proc. 3rd Conf.Med.Electron. 1960.

23. Nilsson : Learning Machines:McGraw Hill 1965.

24. Newell, Simon: An Example of Human Chess Play in the Light of Chess Playing Programs: in "Progress in Biocybernetics" Vol.2 : Elsevier 1965.

25. Macrae, Holding: Guided Practice in Direct and Reversed Serial Tracking :Ergonomics 8(4) Oct'65 487-492.

26. Luria: The Role of Speech in the Regulation of Normal and Abnormal Behaviour : Pergamen 1961.

27. Donaldson, Kishi : Review of Adaptive Control System Theories and Techniques : in "Modern Control Systems Theory" : McGraw Hill 1965.

28. Stear, Gregory: Capabilities and Limitatiens of Some Adaptive Techniques : Proc.1st Int.Symp. Optimizing & Adaptive Control, Rome 1962.

29. Young, Elkind, Kelly : Adaptive Dynamic Response Characteristics of the Human Operator in Simple Manual Control: IEEET HFE-5(1) Sept'64 6-13.

30. Gaines, Andreae : A Learning Machine in the Context of the General Control Problem : IFAC Congr. 1966.

31. Widrow: "Bootstrap Learning" in Threshold Legie Systems: IFAC Congr. 1966.

32. Bilodeau : Motor Skills Learning : Ann.Rev. Psychol. 12 1961.

33. Briggs: Research on Augmented Feedback and the Acquisition and Transfer of Skill: NAVTRADEVCEN 836-3 1962.

34. Kinkade : A Differential Influence of Augmented Feedback on Learning and Performance : Ohio State University AMRL-TDR-63-12 1963.

35. Lewis, Pask : The Theory and Practice of Adaptive Teaching Systems: in "Teaching Machines and Programmed Learning" Nat.Educ.Assn. 1965.

36. Isaacs: Differential Games : Wiley 1965.

37. Gaines: Adaptive Control Theory: in "Encyclopaedia of Linguistics, Information and Control" : Pergamen (to be pub.).

38. Smallwood: A Decision Structure for Teaching Machines : MIT 1962.

39. Pask : Teaching as a Control Engineering Process: Control Jan-Apr.'65.

40. Poulton : On Increasing the Sensitivity of Measures of Performance: Ergonomics 8(1) Jan'65 69-76.

41. Knowles: Operator Loading Tasks: Human Factors Apr'63.

42. Bartlett: Thinking: Allen & Unwin 1958.

43. Fitts: Perceptual-Motor Skill Learning: in "Categories of Human Learning" Academic Press 1964.

44. Preston-Dunlop : Introduction to Kinetography: Macdonald Evans'63.

45. Licklider : Quasi-Linear Operator Models in the Study of Manual Tracking: in "Developments in Mathematical Psychology" : Free Press 1960.

46. Young, Stark: Biological Control Systems: NASA CR-190 1965.

47. Ely, Bowen, Orlansky: Man-Machine Dynamics: WADC 57-582 1957.

48. Blakelock: Automatic Control of Aircraft and Missiles : Wiley 1965.

49. Hall : Study of Human Pilot as a Serve Eelement : J. Rey.Aerc. Soc. 67 (630) 1963 351-360.

50. Gedye: A Teaching Machine Programme for Use as a Test of Learning Ability : Nat.Progr.Learn.Conf. 1966.

Legenda k obr. 1 - 9 .

Master Controller	- Řídící regulátor
Servant Controller	- Řízený regulátor
Environment	- Okolí
Training Controller	- Výcvikový regulátor
Learning Machine	- Učící se (adaptivní) stroj
Trainee	- Cvičenec
Trainer	- Instruktor, trenažér
Augmented Feedback	- Rozšířená zpětná vazba
Direct Communication	- Přímé spojení

Legenda k obr. 10 .

Stable	- Stabilní
Unstable	- Nestabilní

Legenda k obr. 15.

Trainer	- Trenažér
Disturbance	- Porucha
Error	- Chyba
Control	- Řízení
Display	- Frekventace
Manual	- Ruční
Vizual	- Vizuální
Human Operator	- Operátor -člověk

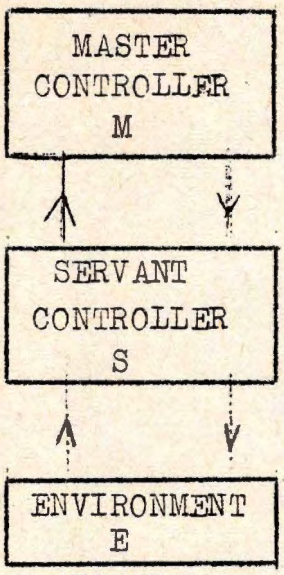


Fig.1.

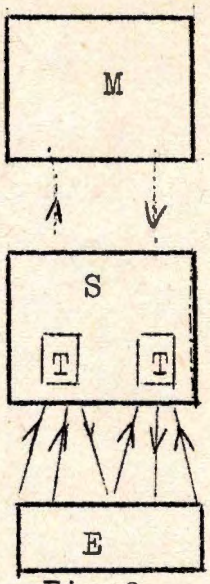


Fig.2.

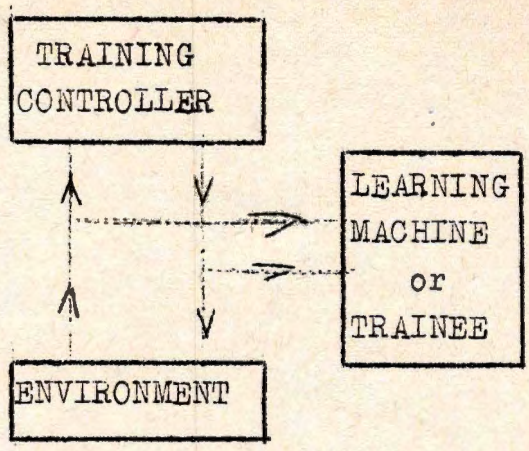


Fig.3.

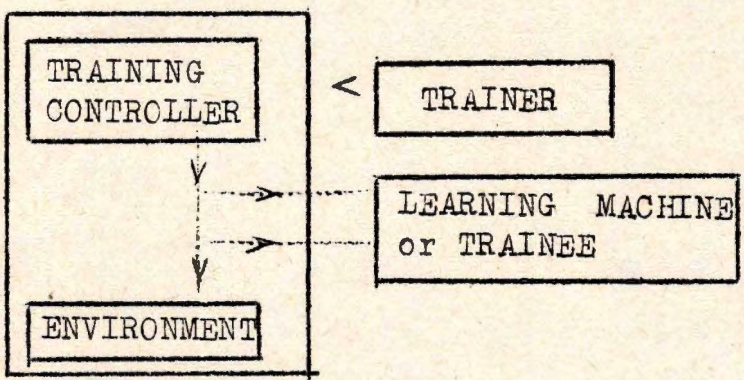


Fig.4.

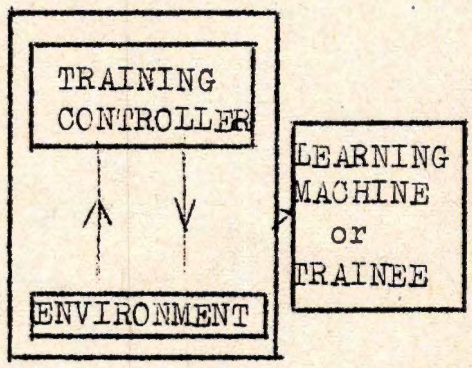


Fig.5.

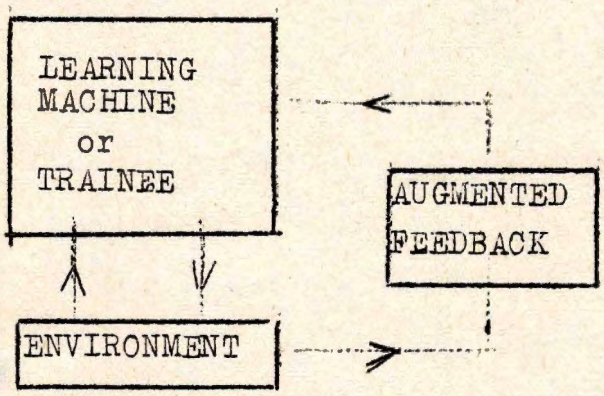


Fig.6.

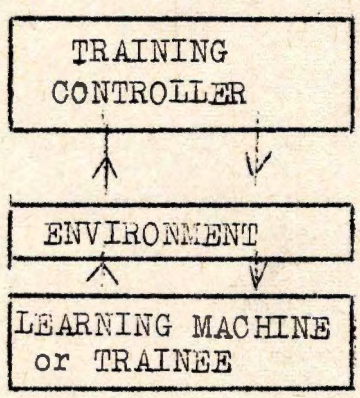


Fig.7.

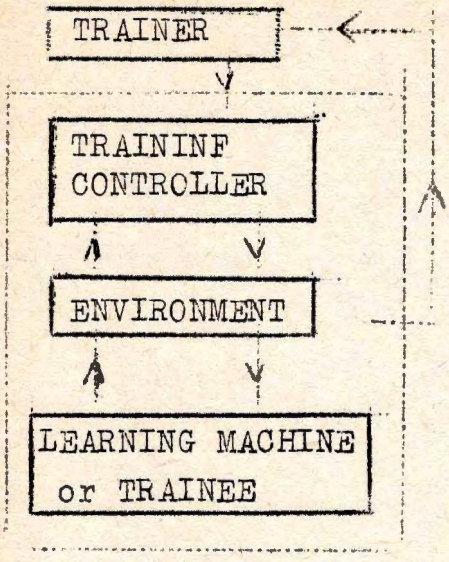


Fig.8.

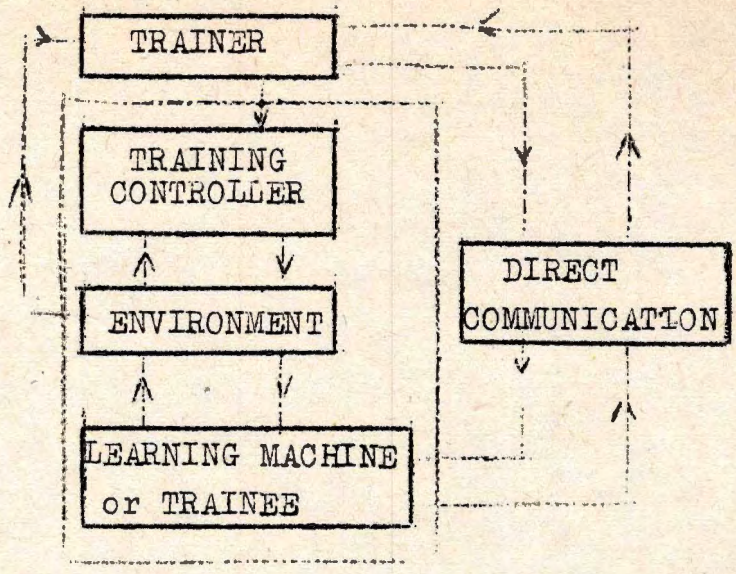


Fig.9.

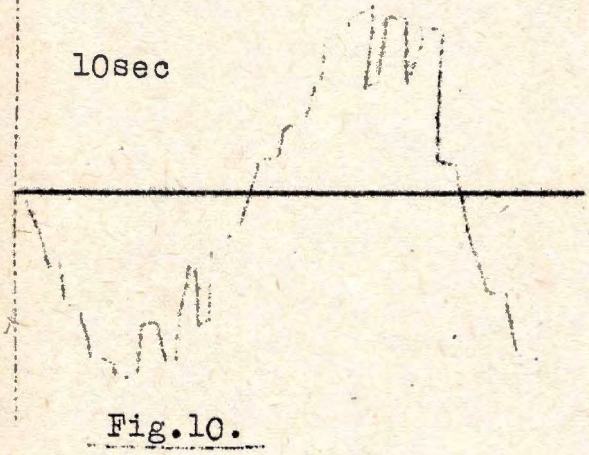


Fig.10.

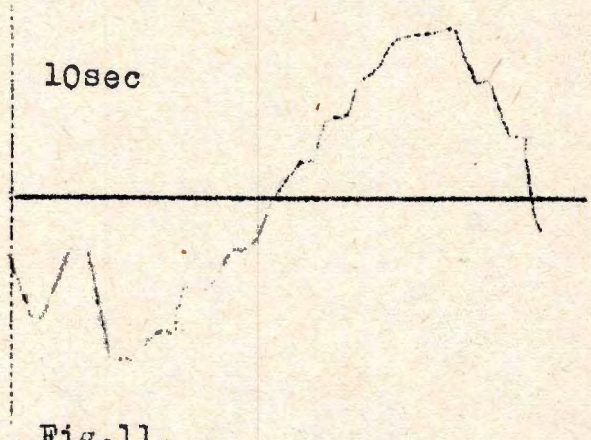


Fig.11.

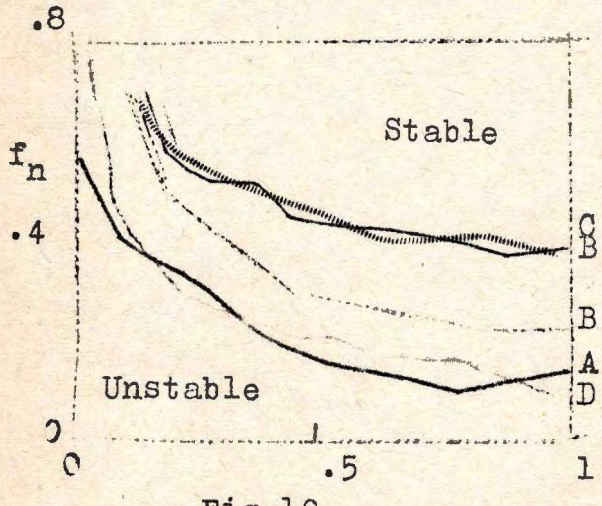


Fig.12

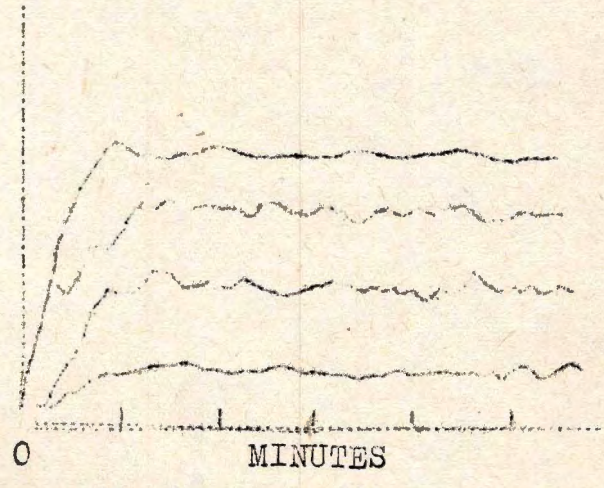


Fig.13.

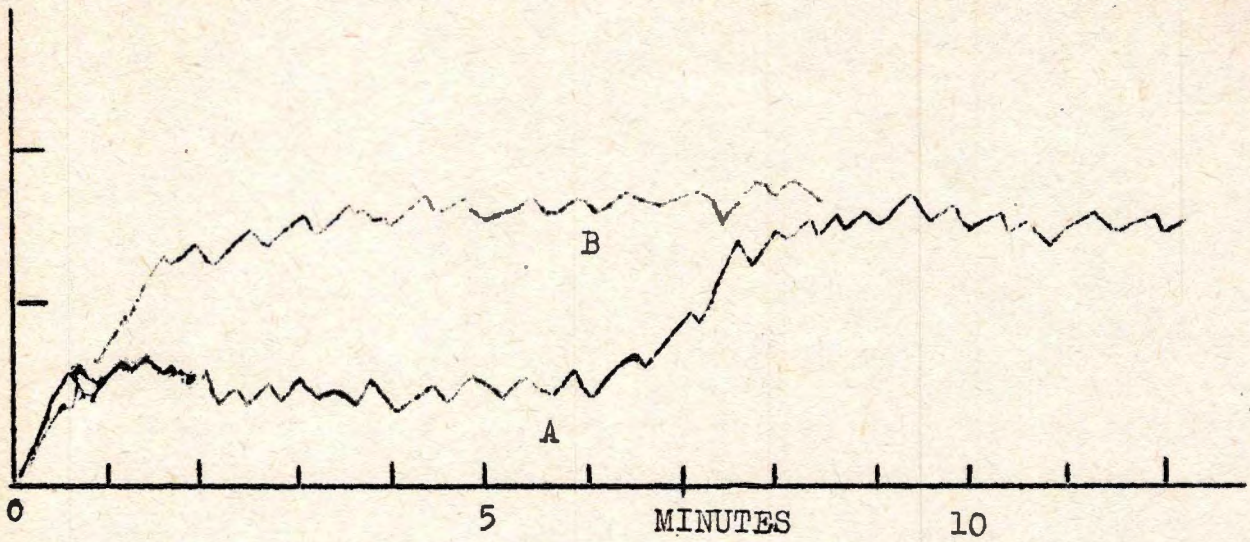

B
A
0
5
MINUTES
10

Fig.14.

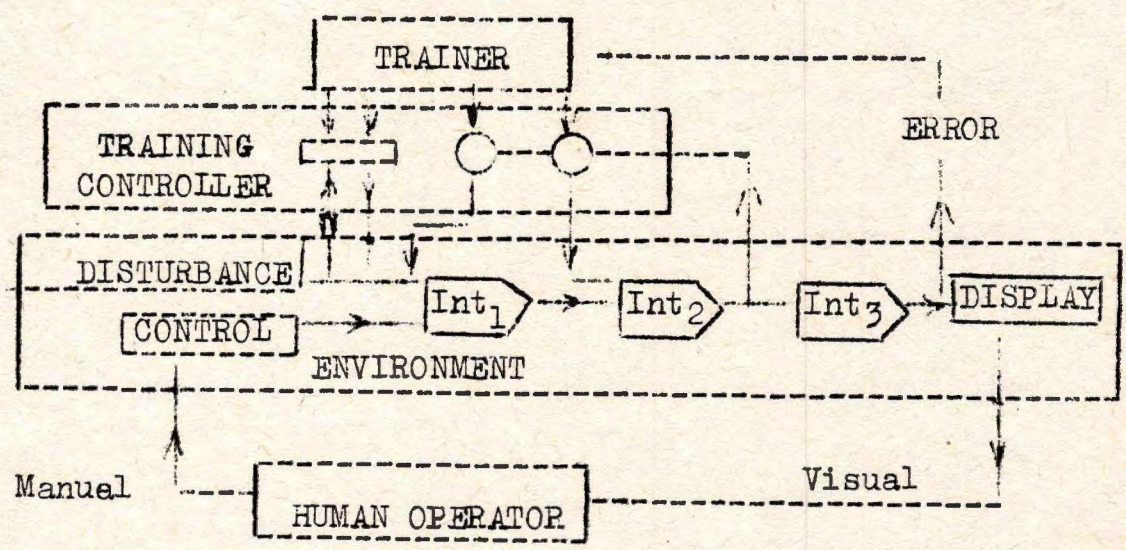

TRAINER
TRAINING CONTROLLER
ERROR
DISTURBANCE
CONTROL
Int1
Int2
Int3
DISPLAY
ENVIRONMENT
Manual
HUMAN OPERATOR
Visual

Fig.15.

MEMBER OF THE FEDERATION OF COMMONWEALTH CHAMBERS OF COMMERCE

Enterprise with Prudence

THE LONDON CHAMBER OF COMMERCE (INC)

69 CANNON STREET · LONDON · E·C·4

TELEGRAMS: CONVENTION LONDON EC4 · TELEPHONE: CITY 4444

DIRECTOR: W. J. LUXTON, C.B.E. TELEX: 261981

23rd August, 1966.

SB/sl/39

B. R. Gaines, Esq.,
Psychological Laboratory,
Downing Street,
Cambridge.

Dear Mr. Gaines,

You will be interested to hear that there is to be a Teaching Machines Symposium in Prague from October 24th - 27th, sponsored by the Academy of Science and I would like to invite you to read a paper. The Czechs know about the paper which you read at the Loughborough Conference and would be interested in something similar.

I cannot at present tell you on which day your lecture would take place if you were able to come, but it would be possible for you to go out on one day, read your paper on the following day and return. Your expenses would be paid.

If you are interested in this suggestion perhaps we could discuss the proposition in greater detail.

The Czechs would also like a paper discussing the readability of dials, instruments, etc., in industrial conditions. Is there anyone at your laboratory who specialises in this subject or can you suggest somebody I can approach elsewhere.

Yours sincerely,

Sam Black

SAM BLACK.

Your Ref: SB/sl/39

27th August 1966

S.Black Esq.,
London Chamber of Commerce,
69, Cannon St.,
London, E.C.4.

Dear Mr.Black,

Thank you for your kind invitation to read a paper at the Teaching Machines Symposium in Prague next October. I am very pleased to accept this invitation subject to my obtaining permission from my contract monitors.

I would like to discuss the proposition with you as soon as possible and will phone you in the near future; unfortunately I shall not be in London until the latter half of September, but perhaps I may then call on you. In particular I would like to know whether a written contribution is required, and if so by what date.

There is no-one within our laboratory who specializes in instrument readability, but if you write to:

Dr.D.Broadbent, MRC Applied Psychology Research Unit,
Chaucer Rd., Cambridge,

I am sure he will be able to put you in touch with a suitable person.

Yours sincerely,

B.R.Gaines.

Dr.J.C.Penton,
Ministry of Defence (Room 1188),
Main Building,
Whitehall,
London, S.W.1.

27th August 1966

Dear Dr.Penton,

I enclose two copies of a letter I received from the London Chamber of Commerce inviting me to give a talk on Teaching Machines for Perceptual-Motor Skills in Prague at the end of October 1966.

I would like to accept this invitation but felt that some form of security clearance for the visit should be obtained. Although my own work is unclassified I have previously applied for clearance to see classified documents and have come into contact with classified work at Byfleet.

My talk would be based on the Loughborough paper of which I have previously sent you copies (March 1966).

Yours sincerely,

B.R.Gaines.

To:Dr.P.White
From:B.R.Gaines

27th August 1966

Proposed Visit of B.R.Gaines to Czechoslovakia in October 1966

I append a copy of an invitation which I have received from the London Chamber of Commerce to read a paper at a Teaching Machines Symposium in Prague, October 1966.

Although this visit would not affect STL directly since the expenses are being paid and my paper would be based entirely on my work for the Ministry of Defence, I feel it would be wise for STL to have on file somewhere the reason for my visiting Czechoslovakia; both SRT & Portland work are classified and it is always possible that some query may arise.

I have applied for clearance for the visit from the Ministry of Defence, and assume that STL will have no objection to my going provided this clearance is given.

Your Ref:SB/sl/39

S.Black, Esq.,
London Chamber of Commerce,
69, Cannon St.,
London E.C.4.

8th September 1966

Dear Mr.Black,

Thank you for your phone call - sorry about confusion over my calling you - I do appreciate your need for a definite acceptance. As I stated in our conversation there is no objection from my contract monitors to my going to Czechoslovakia, and no objection to the actual paper is forseen because it will be on the same lines as that for Loughborough. Hence I have much pleasube in accepting your kind invitation.

Your question as to length of paper is best answered by saying that I am quite prepared for anything - it depends on the interest of Czechs.; it is certainly too far to go without every opportunity being taken for discussion ! My own background ranges from work on computer systems for radar, automatic control and learning machines, and human psychology especially in the acquisition and structure of skills. The Loughborough paper was based on some work I am doing under contract to the Ministry of Defence to see whether teaching machines techniques can be applied to skills such as flying and driving. I assume that it is this work which they would like to hear about. You mentioned a <u>practical</u> emphasis for this paper - to go into detail such that the work could be replicated would assume a knowledge of analogue computing

techniques on the part of the audience. I had assumed that they would be pedagogical and intended to talk as I would to a similar English audience. If there are individuals who would like technical details then I would be very pleased to give them either during my talk or in specific discussion.

The title of my paper is:

"Teaching Machines for Human Operator"

Abstract: Consideration of the nature and problems of the learning process leads to the logical design of an automatic training systems which may be applied not only to cognitive skills such as arithmetic and language but also to perceptual-motor skills such as flying and driving. It is some experiments on these latter applications which form the topic of this paper. These experiments have used as trainees both human operators and a type of automatic controller called a "learning machine". The advantage of the latter is that they provide standard trainees who may readily be duplicated for comparison of different training techniques. The success of this training technique in a laboratory situation is demonstrated and its practical utility is discussed.

I would like to be able to use a slide projector for standard 2"x 2" slides.

I expect to be in Prague again in June and would like to call in on Prof.Strejc of the Ustav Teorie Informace A Automatizace, Praha 2 - Nove Mesto, Vyschradska 49. Perhaps you are able to inform me if that is geographically convenient ? As the planes out do not seem to leave until 13.30, perhaps you could arrange for me to fly out one day, spend two days in Prague and return the next day. To fly out on the Monday and return on the Thursday would suit me admirably.

I hope you now have all the required information.

James Bradley

BEA 918 12.30 Arr 15.15

Ok 545	10.40
Zwd	11.55
SR 820	12.50
Lhr	14.00

MEMBER OF THE FEDERATION OF COMMONWEALTH CHAMBERS OF COMMERCE

Enterprise with Prudence

THE LONDON CHAMBER OF COMMERCE (INC)

69 CANNON STREET · LONDON · E·C·4

TELEGRAMS: CONVENTION LONDON EC4 · TELEPHONE: CITY 4444

DIRECTOR: W. J. LUXTON, C.B.E. TELEX: 261981

Our ref: SB/am/39 12th October, 1966.

B.R. Gaines, Esq.,
The Psychological Laboratory,
University of Cambridge,
Downing Street,
CAMBRIDGE.

Dear Mr. Gaines,

I am enclosing, at the request of the Institute of Management, an invitation to the opening and press conference for the British Teaching Machines Exhibition and Symposium in Prague. This will take place at 11 a.m. on Monday, October 24th.

I have asked our travel agents to send you a visa application form and if you will fill this in and return it to them together with your passport and two small photographs, they will then obtain your visa for you.

Yours sincerely,

P. Alderman

pp Sam Black.

Enc.

INSTITUTE OF MANAGEMENT
Information Centre
Řeznická 4, Praha 1

MINISTRY
OF HEAVY INDUSTRY
Education Centre
Na Františku 32, Praha 1

take the liberty of inviting you to the opening of the exhibition

BRITISH TEACHING MACHINES IN SCIENTIFIC MANAGEMENT

AND TO THE PRESS CONFERENCE HELD AT THE PRAHA RESTAURANT (BRUSSELS) IN THE LETNÁ PARK, ON 24th OCTOBER 1966, at 11.00 a. m.

The opening speeches will be delivered by the British Chargé d'Affaires H. D. Michell DSC., Mr. W. J. Luxton, Director of the London Chamber of Commerce, Mr. R. C. M. Duckworth, President of the British Mechanical Engineering Federation and by ing. Jaroslav Jirásek, Director of The Institute of Management and Dr. Dana Tollingerová CSc. Czechoslovak Academy of Sciences.

At the conference the organizers will inform the participants about details of all actions taking place during the exhibition (24th – 27th October). The British guests will answer questions concerning matters of interest and of importance for the Czechoslovak public.

After the conference the participants will have the opportunity of seeing the exhibition in The National Technical Museum (Národní Technické Muzeum, Kostelní 42, Praha 7).

To ensure a good organisation (buffet) we beg you to call No. 228-051 or 228-052, extension 4 and let us know that we shall definitly have the pleasure of your personal participation.

This invitation card will serve you as a ticket of entrance.

INSTITUT ŘÍZENÍ
informační středisko
Řeznická 4
Praha 1

MINISTERSTVO
TĚŽKÉHO PRŮMYSLU
odbor výchovy
Na Františku 32
Praha 1

dovoluji si Vás pozvat na zahájení výstavy

BRITSKÉ VYUČOVACÍ STROJE VE VĚDECKÉM ŘÍZENÍ

A TISKOVOU KONFERENCI V RESTAURACI PRAHA (BRUSEL) V LETENSKÝCH SADECH V PONDĚLÍ DNE 24. ŘÍJNA 1966 V 11 HODIN DOPOLEDNE

Úvodní projevy pronesou za britskou stranu: britský chargé d'affaires H. D. Michell, DSC., ředitel obchodní komory v Londýně W. J. Luxton, president British Mechanical Engineering Federation R. C. M. Duckworth. Za československou stranu ing. Jaroslav Jirásek, ředitel Institutu řízení a Dr. Dana Tollingerová CSc. ČSAV.

Na konferenci seznámí pořadatelé přítomné s podrobnostmi všech akcí v rámci tohoto týdne. Britští hosté zodpoví dotazy zajímající československou veřejnost.

Po skončení konference mají účastníci příležitost shlédnout výstavu v Národním technickém muzeu.

V zájmu zajištění dobré organizace (s konferencí je spojeno pohoštění), prosíme o telefonické sdělení (telefon 228-051, 228-052, linka 4), zda se určitě zúčastníte.

Tato pozvánka platí jako vstupenka.

MEMBER OF THE FEDERATION OF COMMONWEALTH CHAMBERS OF COMMERCE

Enterprise with Prudence

THE LONDON CHAMBER OF COMMERCE (INC)

69 CANNON STREET · LONDON · E·C·4

TELEGRAMS: CONVENTION LONDON EC4 · TELEPHONE: CITY 4444

DIRECTOR: W. J. LUXTON, C.B.E. TELEX: 261981

BRITISH TEACHING MACHINES EXHIBITION AND SYMPOSIUM

PRAGUE, 24 - 27 October, 1966

To Participants

JALTA

26th September, 1966.

1. The correct address is Národní Technické Muzeum, Kostelní 42, Praha 7, Holešovice, which is about three-quarters of a mile from the centre of Prague. The symposium will be held in the Main Hall of the Museum and the exhibition in an annexe immediately outside the main entrance.

2. The names of the participants and the programme of lectures will be sent out very shortly.

3. The Brussels Restaurant, one of the best restaurants in Prague, is very near to the exhibition.

4. It is expected that access to the exhibition will be possible on Saturday, October 22nd, and Sunday, October 23rd. Please notify your requirements for chairs, tables, etc., if not advised.

5. It is expected that a reception will be given by the British Embassy, probably on Monday evening. It may be necessary to restrict invitations to one per company exhibiting, so that a representative number of Czechs can be invited.

6. To avoid unnecessary cost of air freight, please ensure your goods are delivered to Beck & Pollitzer by 30th September, if you are using their services.

7. There will be an official opening combined with a press conference at 11 a.m. on Monday, 24 October, at the Brussels Restaurant. Press releases for issuing to Press should be sent to me at Jalta Hotel, Prague, or to 68 Queen Street if they need translating. About 50 copies will be required.

8. It is expected that the hours of opening of the exhibition will be 9 a.m. to 5 p.m.

9. If you have difficulty in securing hotel accommodation, try the International, a de luxe hotel, very near to the exhibition.

10. Smallpox vaccination is no longer required at Prague Airport, but it is still wise to be in possession of a current vaccination certificate in case the regulations alter again.

11. You can change money at the airport on arrival or at banks and most hotels. The tourist rate is always the same, 45 Kc/£1. Unused Czech money can be changed back on leaving.

12. Please notify me of names of your representatives going out to Prague and their date of arrival and hotels.

13. All papers to be read at the symposium should be with me by 28 September at the latest. These will be translated and duplicated for circulation at the symposium.

SAM BLACK.

BRITISH TEACHING MACHINES SYMPOSIUM AND EXHIBITION, PRAGUE

24 to 27 October, 1966 - National Technical Museum, Prague

Organised by the London Chamber of Commerce,
the Czech Institute of Management and
the Ministry of Heavy Industry
in conjunction with the Board of Trade.

PROGRAMME

Monday, 24th October

9 a.m. — "Technical Considerations in Language Laboratory Design Consistent with Pedagogical and Anthropometric User Requirements"

by T. W. L. Perkins, Product Manager, Language Laboratory Service, The Rank Organisation.

10 a.m. — "The Development and Use of a Simple Linear Teaching Machine and a More Advanced Manually Operated Branching Device"

by A. Aspden, The Educational Supply Association Ltd.

Tuesday, 25th October

9 a.m. — "Interpretability of Data Display"

by Dr. L. R. C. Haward, Director, Aeromedical International.

10 a.m. — "Application of the Use of Programmed Learning in Industrial and Commercial Training, with particular emphasis on Teaching Product Knowledge to Salesmen"

by Rear-Admiral J. H. Unwin, Managing Director, Product Knowledge Ltd.

11 a.m. — "Teaching Machines, Language Laboratories and Programmed Instruction Technique"

by F. Paul Thomson, Education Systems Consultant.

2 p.m. "Innovations in Technique and Method of Teaching"

by I. McMullen, Co-ordinating Director of the Resources for Learning Project, Nuffield Foundation.

3 p.m. "Teaching Machines for the Human Operator"

by B. R. Gaines, The Psychological Laboratory, Cambridge.

Wednesday, 26th October

9 a.m. "The Place of Branching Programme Techniques in Programmed Instruction with particular reference to The Rank Programme Projector"

by Dr. Juergen R. H. Deutsch, The Rank Organisation.

10 a.m. "Programmed Learning in Industry"

by David Stansfield, International Tutor Machines Ltd.

2 p.m. "Programmed Learning and Mechanical Teaching Aids"

by P. J. Packman, Packman Research Ltd.

Thursday, 27th October

9 a.m. "The Stillit System"

by Randolph Vigne, Stillit Books Ltd.

10 a.m. "The Use of Programmed Instruction for Training Operatives in Industry"

by R. J. Fox and P. R. Elias, Training Systems International Ltd.

MEMBER OF THE FEDERATION OF COMMONWEALTH CHAMBERS OF COMMERCE

Enterprise with Prudence

THE LONDON CHAMBER OF COMMERCE (INC)
69 CANNON STREET · LONDON · E·C·4
TELEGRAMS: CONVENTION LONDON EC4 · TELEPHONE: CITY 4444
DIRECTOR: W. J. LUXTON, C.B.E. TELEX: 261981

Our Ref.: SB/PMA/JC/39. 1st November, 1966.

B. R. Gaines, Esq.,
University of Cambridge,
The Psychological Laboratory,
Downing Street,
CAMBRIDGE.

Dear Brian,

Thank you very much for your letter of the 30th October. I am very pleased you enjoyed your trip to Prague and I know that the Czechs were very interested in your contribution to the symposium.

Dr. Kešnerová's address is as follows:-

Dr. Pavlina Kešnerová,
Engineering Institute,
Prague 2,
Na Moráni 7.

Mr. Black will be sending you a cheque for your out-of-pocket expenses very shortly.

Yours sincerely,

Pat

Mrs. P. M. Alderman.

Dr.Pavlina Kesnerova,
Engineering Institute,
Prague 2,
Na Morani 7,
PRAGUE, CZECHOSLOVAKIA.

25th November 1966

Dear Dr.Kesnerova,

I would like to express my appreciation of the warm welcome and hospitality shown to me in Prague. It was a great pleasure to read a paper to an audience so obviously interested in the subject, and to continue in stimulating discussion thereafter.

I hope to return to Prague next June (when the weather may be more amenable to sight-seeing) for the IFAC Conference on Identification, and may have the opportunity to see you then.

I will keep you informed of new developments in our work here, and hope that you and your colleagues will do likewise and feel free to contact me at any time.

Thank you again for a most
pleasurable experience,

B.R.Gaines.