ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní – Ústav přístrojové a řídicí techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metodika návrhu rozhraní člověk / stroj (HMI)

František Hylmar **2016**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s tím, že její výsledky mohou být dále použity podle uvážení vedoucího diplomové práce jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků diplomové práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

Dne:_____ *Podpis:_____*

Poděkování

Děkuji tímto panu Mgr. Ing. Jakubu Jurovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, za všechny cenné rady, připomínky a poskytnuté materiály, stejně tak za zprostředkované exkurze. Především pak děkuji za věnovaný čas a velkou trpělivost.

Děkuji také celé svojí rodinně a všem přátelům, za veškerou pomoc a podporu při tvorbě práce.

Abstrakt

Práce se zabývá metodikou návrhu rozhraní člověk/stroj - HMI. Jejím cílem je popsat a zhodnotit současný stav průmyslových HMI a nabídnout užitečné informace pro další práci v této oblasti. Na úvod jsou zde uvedeny definice pojmů a zkratek užívaných v této práci. Dále práce hodnotí stav současných HMI a popisuje způsoby, kterými se jejich návrh řídí. Z dostupných zdrojů pak shrnuje některé užitečné principy pro návrh HMI. Následně na několika příkladech ukazuje, zda a jak jsou tyto principy užívány v současné praxi. Pro doplnění problematiky také uvádí, jakými způsoby lze dále čerpat informace pro tuto oblast. K závěru práce je zde navržen způsob testování z oblasti inženýrské psychologie a poslední kapitolou je popis pilotní realizace vybraného testu včetně výsledků a zhodnocení.

Abstract

The thesis deals with design methodology of the human / machine interface – HMI. Its aim is to describe and evaluate the current state of industrial HMI´s and provide useful information for further work in this area. The introduction contains the definitions of terms and abbreviations used in this work. The thesis also evaluates the current state of HMI´s and describes the ways of its contemporary design. Based on the available sources it summarzies some useful principles for HMI designing. Subsequently several examples showing whether and how these principles are used in current practice. To complement the issue thesis also lists possibilities to gather another information in this area. The conclusion her is a method of testing in the field of engineering psychology and the last chapter is a description of the pilot implementation of the selected test, including results and evaluation.

Obsah

Úvod 7

1. Definice užitých pojmů a zkratek z oblasti HMI 8

2. Způsoby návrhu HMI 9

   2.1. Úvod do problematiky 9

   2.2. Stav průmyslových HMI a operátorské grafiky 10

   2.3. ISA-101 11

   2.4. Proč se problematikou návrhu HMI zabývat? 12

   2.5. ASM 12

   2.6. Návrh s mentálním modelem 13

3. Užitečné principy pro návrh HMI 14

   3.1. Úvod 14

   3.2. Data vs. Informace 14

   3.3. Data v čase 16

   3.4. Grafy 17

   3.5. Používání barev 22

   3.6. Organizace struktury panelů 25

   3.7. Shrnutí 25

4. Možnosti testování navrženého HMI 26

   4.1. Tachistoskopické testování 26

5. Pilotní test vizualizace SCADA/HMI 28

   5.1. Podoba testovaného rozhraní 28

   5.2. Struktura testu 30

   5.3. Instrukce 31

   5.4. Průběh testu 31

   5.5. Výsledky 32

6. Závěr 34

Úvod

Vývoj techniky nabízí každým dnem velkou škálu nových prostředků, díky kterým jsou nové stroje rychlejší, přesnější, menší nebo naopak větší, zkrátka lépe uzpůsobené vykonávat svou funkci, pro kterou byly sestrojeny. I když jsou přístroje často důmyslně sestrojeny, je zde vždy lidský faktor, jehož vliv nelze úplně předvídat. A tak se v lidských rukou i sebedokonalejší stroj může stát neefektivním, v krajních případech i nebezpečným. Existuje možnost, jak tomu zabránit? Dokonale normovat chování člověka bohužel (bohudík) nemůžeme. Naše pozornost se tedy musí zaměřit zpátky na stroj, konkrétně na jednu jeho velmi podstatnou část. Touto částí je takzvané HMI – rozhraní člověk-stroj. Právě způsob návrhu tohoto rozhraní rozhoduje, zda bude člověk schopný přístroj pochopit a následně i použít. Správně navržené rozhraní dovolí, aby stroj naplnil svou funkci a to sice zkvalitnit nebo zjednodušit život člověka. V opačném případě se může stát, že stroj život člověku spíše zkomplikuje.

Naší primární snahou by tedy nemělo být normovat člověka. Spíše bychom měli uvažovat, jakými prostředky můžeme „polidštit“ stroj. Proto, aby se naše snaha ubírala správným směrem, je třeba nejprve pochopit, na základě čeho člověk uvažuje o svém okolí a tedy i o stroji. Tímto způsobem můžeme vyvodit některé závěry, které nám při návrhu HMI pomohou. Jelikož se však důsledky lidského uvažování nedají zcela dokonale obsáhnout, je nám užitečným nástrojem pro další dedukce testování. Cílem této práce je popsat, jaké jsou dosavadní poznatky v oblasti návrhu HMI a jakým směrem se můžeme ubírat, chceme-li sami novými poznatky přispět.

1. Definice užitých pojmů a zkratek z oblasti HMI

Vzhledem k tomu, že problematika návrhů rozhraní člověk-stroj je vázána k používání počítačů, existuje řada pojmů a zkratek pocházejících z místa jejich vzniku, zejména anglofonních zemí, která byla přejata i do „mezinárodního technického jazyka“ a jsou užívána celosvětově - Českou republiku nevyjímaje. Úvodem je zde proto uveden seznam zkratek a pojmů, používaných v této práci s definicí jejich významu ve vztahu k danému tématu.

HMI – Human Machine Interface – „rozhraní člověk stroj“ označení pro komunikační rozhrání mezi člověkem a strojem. Na rozdíl od UI (User Interface – uživatelské rozhraní), které se používá v kontextu počítačového průmyslu, HMI se používá v kontextu mechanických systémů a průmyslových zařízení.

DCS – Distributed Control System – „Distribuovaný řídicí systém“ – Jedná se o řídicí systém, který je rozdělen na více jednotek rozmístěných napříč strojem, čímž je zajištěna komunikace s každou jeho částí zvlášť. Místo toho, abychom měli jedno centrální řídící zařízení, ovládající všechny přístroje, mají některé části zařízení svůj vlastní počítač, kterým jsou řízeny.

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition – supervizní řízení a sběr dat: Jak už název napovídá, tento pojem neznačí přímo řídicí systém, jde spíše o jeho část, která se věnuje dohledu nad procesy probíhajícími v zařízení. Obecně řečeno jde o software, který je nadřazen hardwarové části daného zařízení, se kterou je propojen prostřednictvím programovatelných automatů (PLC) nebo jiných komerčních hardwarových modulů.

ASM – the Abnormal Situation Management – „Řízení neobvyklých situací“ – V této práci je tímto termínem míněn soubor zásad pro návrh průmyslové grafiky s cílem omezit nehody, způsobující velké ekonomické ztráty.[1] Tato doporučení jsou sestavována organizací Abnormal Situation Management Consortium, která byla založena roku 1994 oddělením Honeywell management consortium. Od té doby sdružuje experty z firem a univerzit po celém světě. [2]

Mentální model – Mentální model je lidská představa o fungování nějakého předmětu, jevu nebo obecněji o všem, co mu zprostředkovávají jeho smysly. Jeho použití při návrhu HMI je užitečné z důvodu správného a účinného provedení daného zařízení. Bez správného mentálního modelu nejsme schopni optimalizovat uživatelské rozhraní, pro snadné a rychlé používání. Mentální modely si vytváří každá lidská bytost primárně na základě zkušeností získaných z předchozího styku s podobnými objekty a jevy. [3]

Operátor – Slovem operátor rozumíme v tomto textu osobu, která se věnuje kvalifikovanému řízení jakékoli technické soustavy. Například operátorem můžeme rozumět člověka, který řídí jadernou elektrárnu v operátorském centru pomocí regulace vstupních hodnot na základě informací, získaných z dostupných hodnot výstupních. Operátorem však může být i pracovník, který obsluhuje nějaký výrobní stroj, pomocí ovládacího panelu. Obecně tedy myslíme člověka, který přichází do aktivního kontaktu s ovládacím rozhraním daného zařízení, třeba i řidiče auta.

2. Způsoby návrhu HMI

2.1. Úvod do problematiky

Jak už z názvu vyplývá, s problematikou návrhu HMI se setkáváme všude, kde předpokládáme interakci člověka s přístrojem nebo zařízením. Zásadní význam získává správný návrh HMI tam, kde se jedná o ovládání komplikovaných procesů. Nejvíce se však projeví efektivita HMI v případě, že je uživatel nucen pracovat a zasahovat v průběhu procesu a případná chyba či špatně vyhodnocená situace může mít za následek velké finanční ztráty nebo v horším případě ohrožení lidského zdraví a života. Typickým příkladem je operátorský velín v továrně nebo pilotní kabina letadla.

V této práci bych se chtěl zaměřit zejména na průmyslové aplikace typu velíny a dispečinky v továrnách, elektrárnách, výrobních linkách nebo spalovnách.

2.2. Stav průmyslových HMI a operátorské grafiky

První otázkou, kterou je jistě třeba zodpovědět, je, jak se postupuje a postupovalo při návrzích HMI a jaké faktory ovlivňují směr, kterým se tvorba HMI v těchto aplikacích řídí.

Potřeba návrhu velínu se datuje již do třicátých let devatenáctého století, kdy bylo typické mít v průmyslových zařízeních malou oddělenou místnost plnou nástrojů (obyčejně na stlačený vzduch) pro řízení procesu. Vybavení bylo často doplněno o obrázky a schémata zařízení, aby měl operátor lepší představu o řízeném procesu. Alarmy byly většinou realizovány na samostatném světelném panelu.[4]

V letech 1960 – 1980 pak byly tyto místnosti nahrazeny ovládacími panely na stěnách. Tyto panely zahrnovaly ručičkové ukazatele stavu hodnot, tlačítka pro řízení procesu, světelnou signalizaci nebo zobrazení proměnných pomocí grafů. Hlavní nevýhodou těchto řešení byla zejména obtížná realizovatelnost změn v panelech. Tyto stěny měly obyčejně z druhé strany velkou změť drátů, ve kterých se šlo jen velmi obtížně vyznat, proto byla jakákoliv další manipulace s nimi náročná. Toto řešení také zabíralo hodně místa, obvykle přes několik metrů čtverečních. Pro množství různobarevných kontrolek a ovládacích tlačítek se pro panely tohoto typu zažilo označení mozaika.[4]

Popsané problémy vyřešil příchod DCS systémů, kde jsou jednotlivé části stroje řízeny samostatnými počítači a výstupy z nich můžeme zpracovat a zobrazit pomocí monitorů. Ekonomické výhody DCS systémů jsou obrovské. Jejich konfigurace je velmi jednoduchá a v případě nutnosti lze změnit celou strategii ovládání.

DCS systémy jsou typické obrazovkami, které graficky zobrazují data přivedená do systému. Grafika těchto obrazovek se v průběhu let postupně vyvíjela. První malé černobílé obrazovky s několika málo daty postupně nahradily obrazovky větší a barevné. Rozvoj grafiky ovšem ne vždy znamenal přínos pro rychlé a efektivní ovládání procesů. Tvůrci těchto rozhraní někdy nových grafických možností využívali pro barevné ztvárnění celého pracoviště včetně více či méně realistických animací některých dějů. Množství animací a barev ovšem strhává operátorovu pozornost a na celkovou funkčnost rozhraní má negativní dopad.[4]

Současná HMI řešení již povětšinou respektují alespoň základní principy pro efektivní operátorské řízení. Je však stále hodně aspektů, které jsou v návrzích přehlíženy.

Pro současný vývoj funkčních HMI existují některé velmi užitečné nástroje. Zejména se jedná o programy vizualizace, sběr dat a supervizní řízení zkráceně SCADA. Dobře dostupné jsou také programy pro jejich tvorbu, které dobře nastavují některé mantinely pro správný návrh HMI. Příkladem může být výchozí barevné schéma, které odpovídá zásadám popsaným v této práci.

2.3. ISA-101

V posledních letech se objevuje snaha nějakým způsobem sjednotit postupy pro návrh výkonných HMI formou norem nebo doporučení. Ve vývoji je například už osm let směrnice s označením ISA-101. Ta se věnuje přímo návrhům HMI a má za úkol seznámit vývojáře s dosud nejlépe fungujícími postupy vývoje těchto rozhraní.

Konkrétně se ISA-101 zabývá: hierarchií operátorských menu, konvencemi pro navigaci na obrazovce, konvencemi grafiky a barev, dynamickými prvky, návrhem alarmů, metodami zabezpečení, rozhraními s programováním na pozadí a databázemi, konvencemi vyskakovacích oken, panely pro nápovědu a metodami práce s alarmy, rozhraními položek v programu a konfiguračními rozhraními k databázím, serverům a sítím.[5]

Práce na ní má mnohá úskalí, jež problematizují její dokončení a uveřejnění. Jde například o problém stále rychleji se vyvíjejících grafických rozhraní, která svou rozmanitostí znesnadňují zobecnění postupů pro jejich návrh. Tento rychlý vývoj a rozmanitost je také důvodem, proč dosud nebyl do směrnice zahrnut žádný obrázek nebo příklad grafického návrhu. Je ovšem zřejmé, že bez konkrétních ukázek lze jen těžko vysvětlit požadavky kladené na grafická rozhraní. V závěru prezentace z PAS Technology Conference 2014 je poznámka, že dosud žádné standardy na návrh HMI neexistují, nicméně je možné nalézt mnoho užitečných informací na toto téma. Také je zde dodatek, jenž koriguje očekávání od výše zmiňovaného standardu ISA-101. Podle něj může být tento standard velkým zklamáním pro ty, kteří očekávají podrobný návod jak vytvořit efektivní HMI.[6]

Důvodem této korekce může být i to, že je velmi obtížné obsáhnout obecně všechny formy a principy HMI v jednom návrhovém standardu. Rady a doporučení pro návrh je vždy potřeba vztáhnout na konkrétní aplikaci.

2.4. Proč se problematikou návrhu HMI zabývat?

Nízká efektivita HMI byla v minulosti způsobena nedostatkem možností a komplikovanou strukturou tehdejších systémů. Dnešní možnosti jsou podstatně větší. Řídicí systémy s výstupy v podobě obrazovek jsou jednoduše upravitelné. Efektivního HMI tak může být dosaženo prakticky kdekoliv.

Ačkoli tato unifikace zjednodušuje ovládání a tvorbu systémů, připravuje nás o možnost primární optimalizace a vývoje. Jsme omezeni rozhraním, které nemusí nabízet řešení užitečná pro naši aplikaci.

Na otázku, zda se vyplatí investovat do vývoje a zavádění výkonných HMI, nám mohou odpovědět dobře zdokumentované nehody moderního průmyslu. Organizace ASM Consortium, která se mimo jiné věnuje jejich popisu a vyšetřování, uvádí, že abnormální stavy způsobí v ekonomice Spojených států roční ztrátu více než 20 miliard dolarů.[1] Odhaduje se, že 20-25% z této ztráty může být navráceno implementací výkonných HMI a správnými metodami v krizovém řízení.

2.5. ASM

ASM je standard obsahující soubor návodů, který se věnuje návrhu grafiky pro redukci ztrát, způsobených abnormálními stavy. Abnormální stav je definován jako situace, kdy se nějaké z proměnných řízeného procesu dostanou mimo své technologické limity a pokud nebudou adekvátním zásahem regulovány, hrozí, že nastane krizová situace (nebezpečí ztráty produkce, poruchy zařízení, ohrožení zaměstnanců atd.).[7]

[1] ASM Consortium vytváří databázi nehod od roku 2008 a k roku 2015 jich zdokumentovala více než 1000.

Ačkoli neobsáhne celou problematiku rozhraní člověk stroj, dá se z něj při návrhu HMI čerpat. Užitečný může být například pro některé principy týkající se barvených schémat nebo rozložení obrazovky.

Jednou z velkých předností tohoto standardu je fakt, že je neustále obnovován a rozšiřován členy ASM Consortium, působícími v předních světových firmách a univerzitách.

2.6. Návrh s mentálním modelem

Jednou z užitečných pomůcek pro tvorbu HMI může být mentální model. Mentální modely se používají v mnoha různých aplikacích v případech, kdy pracujeme s lidmi a je pro nás důležité vědět, jak lidé reprezentují informace z okolí.

HMI bude opravdu efektivní a funkční v případě, že se mentální modely tvůrce a uživatele systému budou maximálně shodovat. Respektive, když zpracování informací strojem bude konzistentní se zpracováním informací lidmi. Mentální modely si člověk vytváří na základě zkušeností. Mozek potom dovede tyto modely propojovat a dávat tak lidem představu o fungování objektů, které jedinec vnímá. Z dosud získaných poznatků je jasné, že každý člověk si vytváří mentální modely svým způsobem unikátní. [8] Je však možné držet se několika zásadních aspektů lidského vnímání a následné interpretace informací, které jsou pro velkou většinu populace totožné. Informace samotná je komplexní, jejím obsahem nejsou pouze data samotná, ale i jejich poloha, barva velikost atd. Proto je důležité, aby tyto složky komunikace neinterferovaly s jinými mentálními modely operátora. Jednoduchým příkladem může být umístění tlačítek výtahu do dvou řad vedle sebe, což interferuje s mentálním modelem výtahu, kde jsou patra v jedné řadě za sebou.

Užitečné principy, shrnuté v této práci vycházejí především z těchto poznatků. Chceme-li univerzální rozhrání, jenž bude v budoucnu moci efektivně využívat větší množství osob, je nutné pracovat pouze s několika základními a jednoduchými mentálními modely, které jsou pro většinu populace totožné. Vytvořené rozhraní by tak mělo být co nejjednodušší, protože každý zbytečný nebo nevhodně zobrazený prvek, může vést k nesprávné interpretaci předávané informace.

Informace, které mohou být užitečné pro tvorbu mentálních modelů, můžeme čerpat různými způsoby. Jednak lze studiem kognitivní psychologie zkoumat, jak funguje lidské poznání a jak pracuje mozek. Tento způsob bychom mohli nazvat teoretický. Nebo můžeme získat poznatky experimentálně

3. Užitečné principy pro návrh HMI

3.1. Úvod

Při návrhu HMI je dobré se nejprve zamyslet, co je cílem našeho rozhraní. Primárně se snažíme o to, zprostředkovat co nejlépe data poskytované senzory v našem zařízení, abychom vytvořili operátorovi co nejlepší podmínky pro řízení procesu. Nabízí se nám mnoho možností, jak zpracovat a zobrazit data, která jsou důležitá pro správné fungování konkrétního procesu. Proto je zde zařazena kapitola, věnující se jednotlivým prostředkům pro interpretaci informací s krátkým komentářem o úskalích a zásadách správného použití.

3.2. Data vs. Informace

Jak už bylo zmíněno, princip návrhu efektivního HMI spočívá ve správné reprodukci a následné interpretaci informace. Je však důležité si nejprve uvědomit, že data a informace nejsou to samé a mnohdy náš mozek potřebuje mnoho podnětů a operací, aby z dat informaci utvořil. Jako příklad toho, jaký je rozdíl mezi daty a informacemi mohou posloužit následující tabulky.

Hemokoagulační parametr	**Naměřená hodnota**
RCP	123 s
Protrombinový čas	89%
INR	0,9
APTT	41 s
Trombinový čas	16 s
Fibrinogen	2,9 g/l

Tabulka 1 - krevní rozbor [9]

V tabulce č. 1 můžeme vidět hodnoty hemokoagulačních parametrů stanovených z krevního rozboru. Pokud nemáme lékařské vzdělání, pak z těchto dat zcela jistě nedokážeme určit, zda je daný vzorek v pořádku nebo ne. Dokonce ani lékařské vzdělání nám nemusí stačit, jelikož není samozřejmostí, že si při kontrole vzorku vzpomeneme, jaké hodnoty jsou pro dané parametry v normě a jaké ne. Pokud data nedokážeme interpretovat, nezasadíme je do kontextu, mentálního modelu, a tím pádem nám zcela uniká jejich význam pro danou odbornou oblast.

Hemokoagulační parametr	**Naměřená hodnota**	**V normě**
RCP	123 s	80-140 s
Protrombinový čas	89%	80-120%
INR	0,9	0,8-1,2
APTT	41 s	29-42 s
Trombinový čas	16 s	14-18 s
Fibrinogen	2,9 g/l	1,8-3,6 g/l

Tabulka 2 - krevní rozbor rozsahy [9]

Tabulka č. 2 je podobná té první s tím rozdílem, že obsahuje sloupec s rozsahy jednotlivých parametrů, které jsou považovány za normální. Nyní již i bez znalosti hematologie můžeme získat představu o tom, které hodnoty jsou v pořádku a které ne.

Ještě lépe však můžeme data prezentovat v tabulce č. 3, kde to, zda parametry leží v rozsahu, zjistíme takřka jedním pohledem.

Hemokoagulační parametr	**Naměřená hodnota**	**V normě**	**Indikátor** **Nízký - OK - Vysoký**
RCP	123 s	80-140 s	
Protrombinový čas	89%	80-120%	
INR	0,9	0,8-1,2	
APTT	41 s	29-42 s	
Trombinový čas	16 s	14-18 s	
Fibrinogen	2,9 g/l	1,8-3,6 g/l	

Tabulka 3 - krevní rozbor – indikátory [9]

Grafické znázornění nám zde dá jasnou představu o stavu krve pacienta ve velmi krátkém čase. Na těchto změnách v rychlosti a obtížnosti interpretace dat, jež jsou v každé tabulce stejná, můžeme dobře vidět, jakou roli hraje správný návrh HMI při výsledné práci operátora. „Informace jsou data, která souvislosti činí užitečnými.“[4]

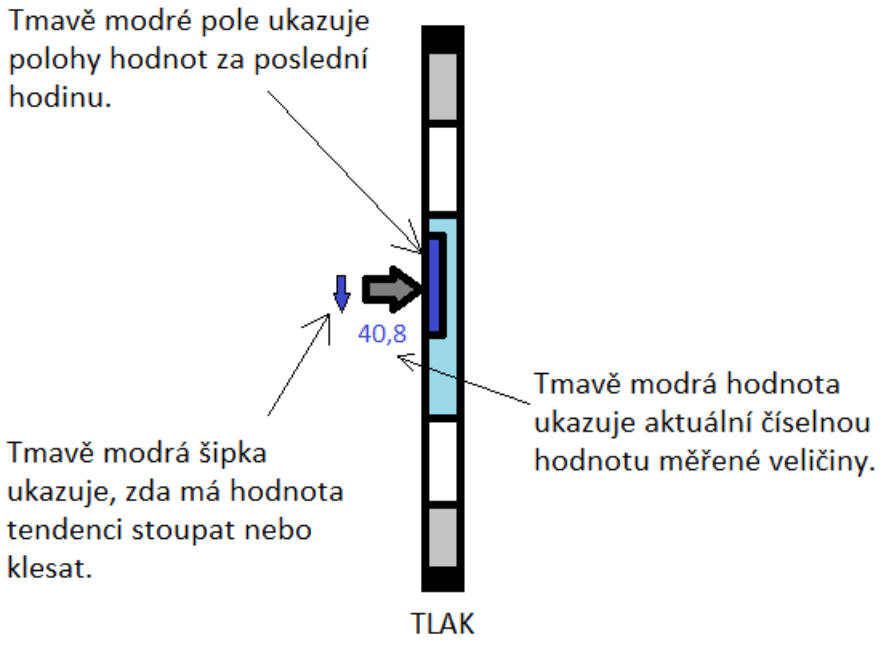
Příkladem rozdílu mezi daty a informacemi může být samotné lidské vnímání. Například senzorická data na sítnici oka představují data. Zpracovaný obraz v mozku je již informací.

Zobrazení hodnot v jednotkách je dobré pro odečítání dat a zaznamenávání při výpočtech, ne však pro řízení procesů. Neustálé odečítání hodnot a jejich zařazování do kontextu zbytečně zaměstnává mozek operátora.

3.3. Data v čase

Zobrazení dat v souvislostech velice pomáhá pro rychlou a bezpečnou kontrolu aktuálního stavu dat. Dalším parametrem, jež ovšem mění náhled na poskytované informace je čas. Pokud kontrolujeme proces, u kterého je důležitý nejenom aktuální stav, ale i jeho vývoj v čase, musíme se při návrhu rozhraní člověk stroj zaměřit i na to, jak znázorníme informace o tendenci zobrazovaných dat měnit se.

Jednou z možností může být následující obrázek 1.



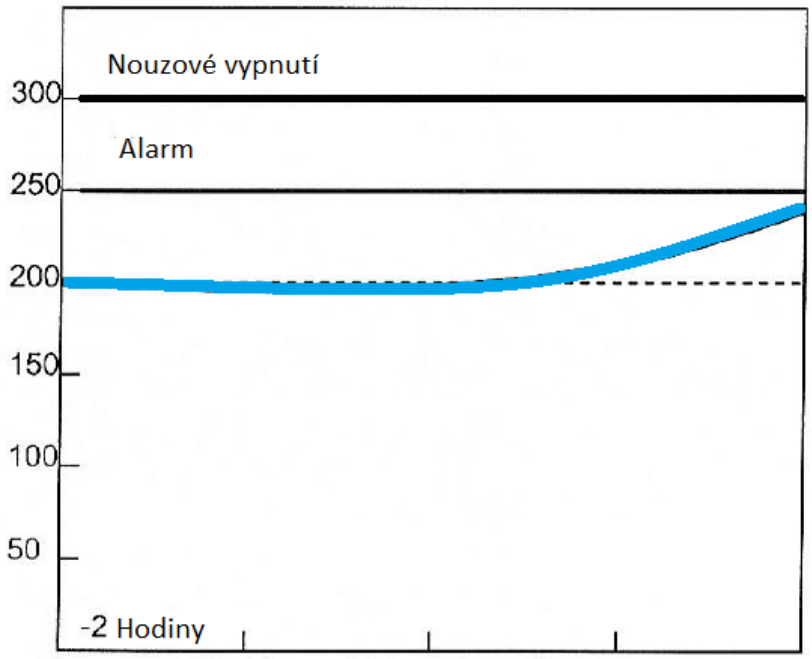
Obrázek 1 – indikátor s tendencí

Takto zaznamenaný průběh dat, nám může pomoci odhadnout, zda je hodnota ustálená nebo kolísá, případně zda má tendenci se blížit kritickým hodnotám. To nám pomáhá lépe porozumět stavu, ve kterém se proces nachází. Z pozice operátora je pak možné určit, zda daný stav potřebuje korekci.

3.4. Grafy

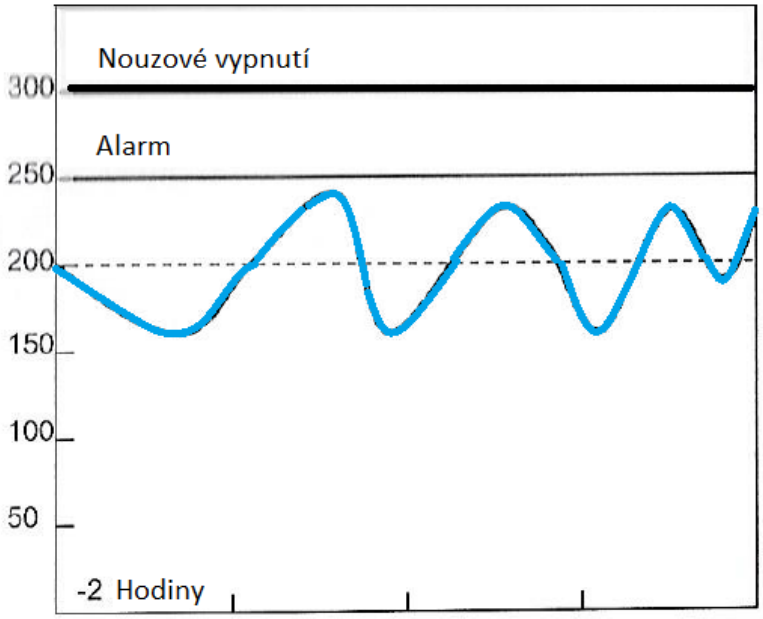
Velmi důležitým aspektem operátorské obrazovky je graf. V některých průmyslových aplikacích nestačí pro správnou charakteristiku procesu znát pouze rozsah, ve kterém se daná veličina pohybovala poslední hodinu. Vše lépe znázorňují následující příklady.

Tři grafy představují průběhy hodnoty procesu za poslední dvě hodiny. Tenká vodorovná čára na hodnotě 250 představuje hranici, po jejímž překročení je spuštěn alarm. Tlustá vodorovná čára na hodnotě 300 pak představuje hodnotu, při které je procesu automaticky zastaven.



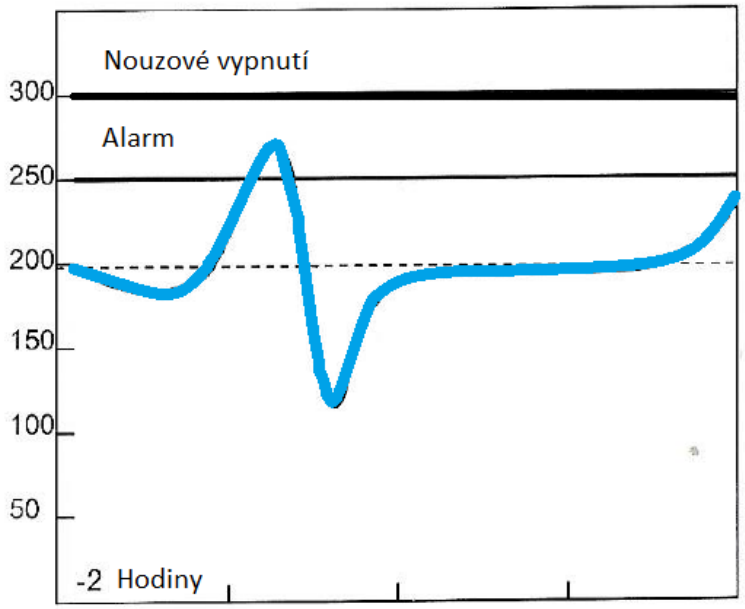
Obrázek 2 – graf 1[4]

Z prvního grafu (obrázek 2) můžeme vyčíst, že sledována hodnota byla ustálena na hodnotě 200 a přibližně před hodinou začala stoupat. Pokud operátor do procesu nezasáhne, je pravděpodobné, že za pár minut bude spuštěn alarm. [4]



Obrázek 3 – graf 2[4]

Graf druhý napovídá, že hodnota nepravidelně osciluje kolem hodnoty 200, přičemž její extrémy nepřesahují výstražnou hodnotu.



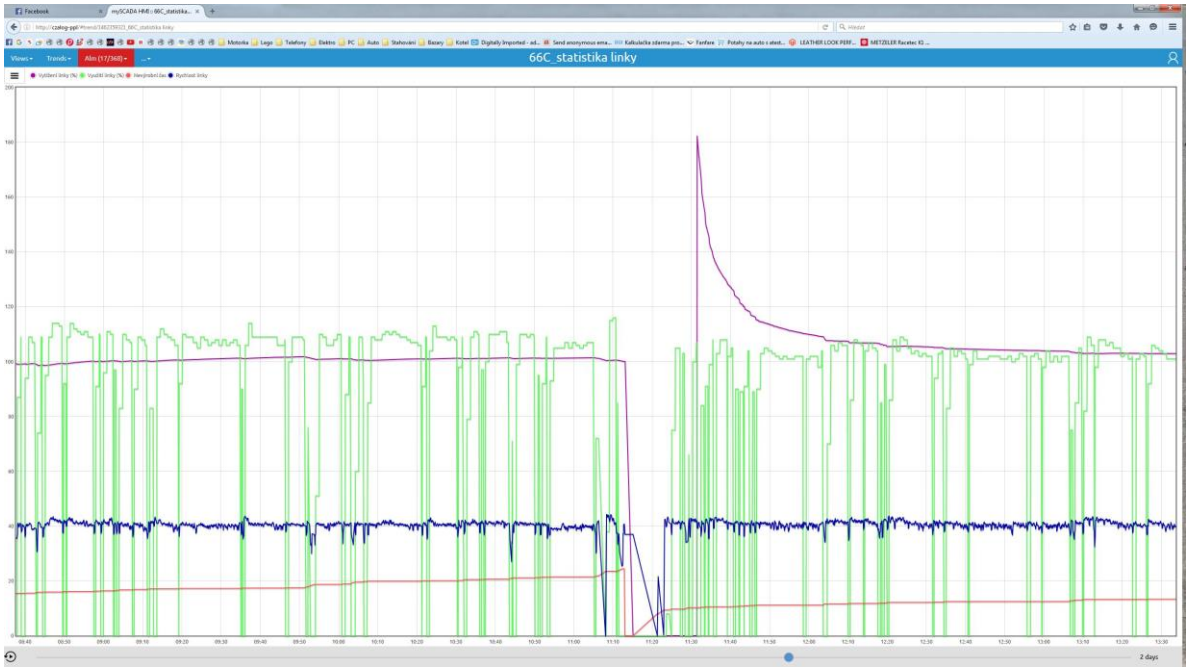
Obrázek 4 - graf 3[4]

Na třetím grafu pak můžeme vidět, že hodnota před zhruba hodinou a půl překročila hodnotu 250 a spustila poplach a proces byl pravděpodobně po zásahu operátora regulován a ustálen na žádanou hodnotu 200. Podle aktuálního vykreslení grafu se zdá, že se situace může opakovat. Všechny tyto informace bychom nebyli schopni vyvodit, kdyby byla data prezentována ve formě představené dříve například na obrázku 1. [4]

Pouze včlenit do našeho rozhraní funkci pro generování grafu ovšem nemusí stačit. Řešení v podobě tlačítka, jež generuje graf, může být dobré pouze v případě, že operátor nemusí při spuštění funkce nastavovat další parametry jako třeba měřítko, barvu, jméno apod. Pokud se rozhodneme tuto funkci v našem rozhraní použít, je třeba dát pozor, aby byla správně implementována. Měli bychom mít na paměti, že naším cílem je data zpřehlednit a usnadnit operátorovi práci. Graf by se proto měl zobrazovat v předem připraveném měřítku, odpovídajícím potřebám operátora. Dále může být vhodné vložit do grafu další funkce, jako například zobrazení několika hodnot současně nebo uložení aktuální podoby pro pozdější rozbor.

U zpětné diagnostiky jsou grafy takřka nezbytné. Pokud jsou dobře provedeny a dokážou zobrazit vícero hodnot najednou na společné časové ose, pak je díky nim možné dobře určit, v jakém stavu se zařízení nacházelo.

Příklad dobrého využití grafů můžeme vidět například na příkladu SCADA systému z firmy LEGO Production a.s. na obrázku č. 5. Osa Y zde reprezentuje aktuální produkci vztaženou na produkci požadovanou a tento podíl vyjadřuje v procentech. Osa X je osou časovou.



Obrázek 5 – Statistika linky LEGO Production a.s.

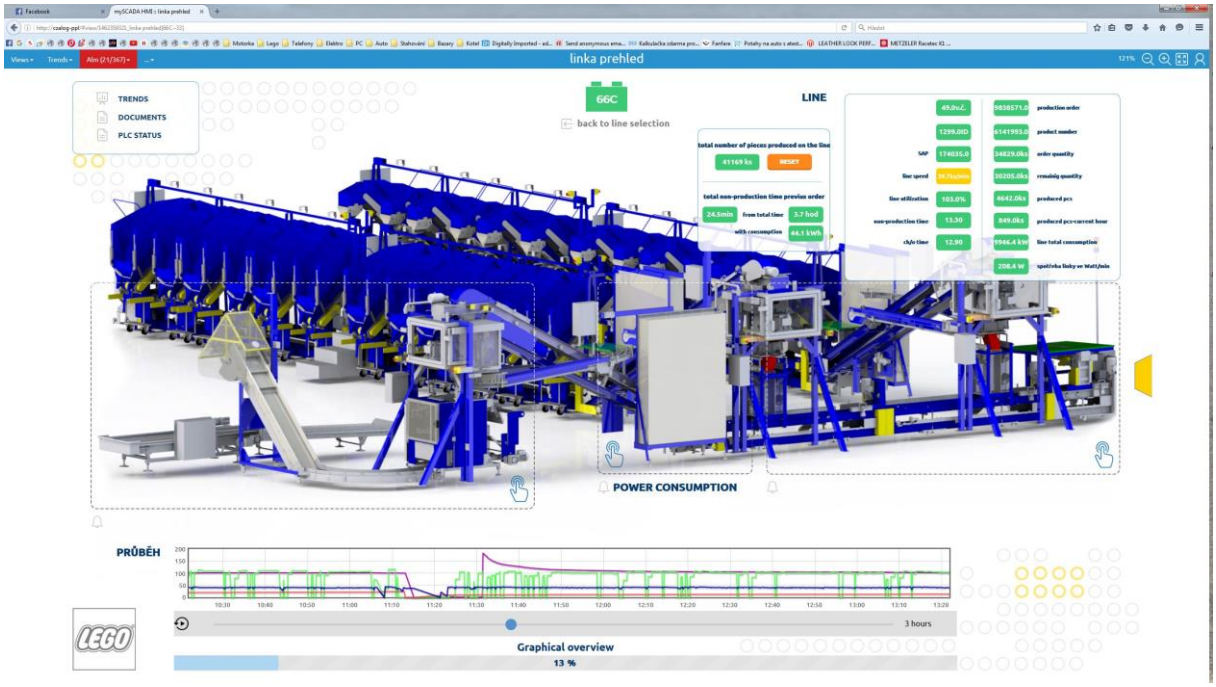
Jediným parametrem, který je třeba zadat při spuštění funkce grafu je doba, od které se graf vykreslí až do aktuálního stavu. Pro změnu tohoto parametru můžeme využít i dolní posuvník, takže není nutné neustále zadávat požadované časové parametry na klávesnici. Rozsah osy Y je automaticky nastaven podle rozsahu hodnot, které se zrovna zobrazují. Pro detailnější zkoumání je zde zařazena i funkce, ve které si operátor může měřítko nastavit ručně.

Na grafu je zobrazeno vícero barevně odlišených hodnot. Kliknutím na jednotlivé položky z legendy na horním panelu lze vypínat a zapínat zobrazení jednotlivých stop. Dva rychle se měnící výstupy (zelený a modrý) zobrazují aktuální stav produkce. Druhé dva

výstupy (fialový a oranžový) pak reprezentují celkový charakter procesu za delší časový úsek.

Takto zobrazený graf poskytuje operátorovi hodně informací o stavu procesu a je vhodný i pro pozdější diagnostiku.

Souhrnný graf zobrazující celkové „zdraví“ procesu je vhodné zařadit i v zjednodušené formě na výchozí okno s celkovým přehledem procesu. Příkladem pak může být obrázek opět ze SCADA systému společnosti LEGO Production a.s.



Obrázek 6 – Linka přehled LEGO Production a.s.

Na obrázku 6 můžeme vidět příklad zjednodušeného grafu z obrázku 5, který je umístěn v dolní části panelu. Tento prvek umožňuje operátorovi rychle zkontrolovat stav, ve kterém se systém nacházel v čase, jež jednoduše můžeme nastavit na liště pod vodorovnou osou.

3.5. Používání barev

Vnímání barev je velmi komplexní téma, kterému se věnuje množství odborných textů.

„Konvenční obsah barevných tónů souvisí s vlastnostmi barevně podobné reality. Po psychologické analýze byly přisouzeny několika základním, snadno rozlišitelným barevným tónům konvenční obsahy potřebné pro běžné praktické sdělování. Vyjma šedého tónu (jeho zařazení zde vyplývá z běžné praxe) byl barevný systém mezinárodně normalizován ISO.“[10]

Ukázky těchto základních konvencí pro barvy můžeme vidět na obrázku 7.

Barevný tón (ukázka, popis a fyzikální vymezení)		*Přímé působení - prvotní obsah*	*Konvenční - druhotný obsah (typ informace)*
	Zelený	Klid, bezpečí, život	Oznámení o bezpečí INFORMATION ABOUT SAFETY
	Modrý	Zvýšená pozornost, ukázněnost, chlad	Příkaz ORDER
	Žlutooranžový	Povzbuzení, sdílnost, možnost nebezpečí	Výstraha WARNING
	Červený	Nebezpečí, vzrušení, prudkost, oheň, krev	Zákaz PROHIBITION
	Šedý	Mizení, ztrácení se, neurčitost	Zrušení informace CANCEL OF INFORMATION

Obrázek 7 - Barvené konvence[10]

V průmyslových HMI jsou barvy často nadužívány. V efektivním HMI by mělo být použití barev omezeno pouze na specifické aplikace. Použití barev ve správně navrženém rozhraní pomáhá vytvořit konzistentní prostředí, ve kterém pozornost přitahují pouze důležité informace.[4]

Při používání barev je podstatné, stanovit si určitá pravidla, pro jaký účel jakou barvu užijeme. Těchto pravidel je důležité se držet v celém rozhraní, abychom co nejvíce redukovali šance na jejich desinterpretaci. Pokud si například operátor zvykne, že výstražnou barvou je červená, bude červená na obrazovce primárně přitahovat jeho pozornost. Barvy využité na alarm, bychom tedy rozhodně neměli používat na reprezentaci jiných informací (např. červená barva jako alarm a zároveň zobrazení potrubí s teplou vodou).

K sjednocení pravidel pro používání barev a pro zajištění správného chápání jejich významu, je užitečným nástrojem legenda. Legendu můžeme umístit mimo pracovní oblast rozhraní, například jako horní lištu nebo v některém z rohů. Tento nástroj je použitelný i při samotné tvorbě rozhraní, kde zabraňuje použití jedné barvy pro více aplikací.

Častým zlozvykem v současných HMI je používání výstražné barvy nebo jiné kontrastní barvy i pro reprezentaci procesů a zařízení, které nepracují. Ve chvíli kdy je zařízení neaktivní a není mu třeba věnovat pozornost, nemělo by ji uměle přitahovat.

Ideálním barevným schématem pro návrh pozadí operátorského rozhraní se po mnoha experimentech ukázaly odstíny šedi. Černá barva, dříve používaná z důvodu omezení tehdejších prostředků, se ukázala jako nevhodná, zejména kvůli nutnosti zobrazovat informace pomocí ostře kontrastních barev. Toto zobrazení způsobuje po delším používání zrakovou únavu, což přispívá k únavě celkové. Stejně nepříjemně může působit při delším používání barva bíla. Hodně počítačových programů dnes obyčejně nabízí rozhraní s pozadím ve stupních šedi. [4]

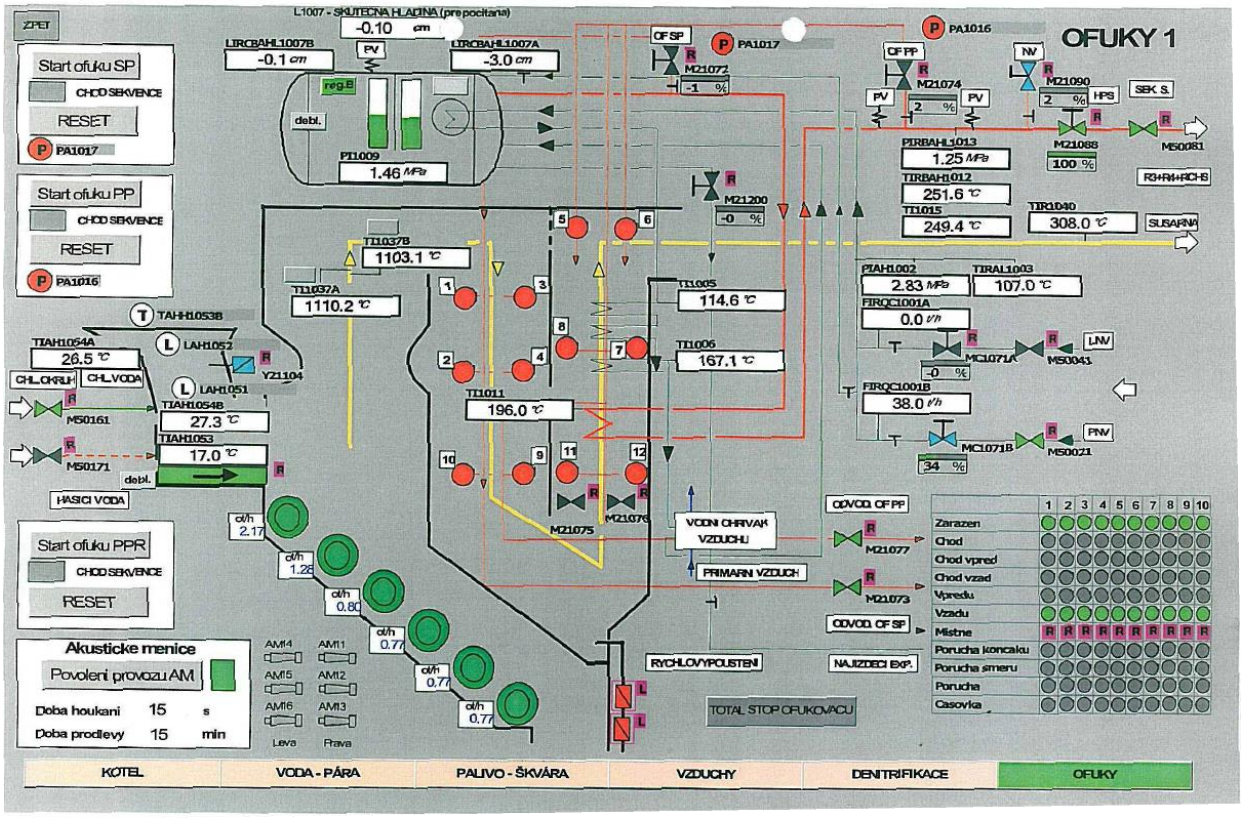
Šedou a černou pak můžeme použít i pro schémata, reprezentující jednotlivá média řízeného procesu. Tímto postupem lze dosáhnout dobrého konzistentního prostředí, ze kterého pak mohou dobře vystupovat důležité informace. Jejich zvýraznění pak dosáhneme použitím kontrastních barev.

Statické prvky, linie spojující jednotlivé prvky, nádoby apod. by neměly být zbytečně zvýrazňovány. Pro linie můžeme použít černou nebo tmavě šedou. Odlišení hlavních a vedlejších linek můžeme realizovat různou tloušťkou čar. Pro linii hlavní použijeme čáry nejtlustší a pro procesy vedlejší čáry tenčí. Nádoby a jiné statické prvky je dobré zobrazit zjednodušeně ve 2D, pouze tak, aby bylo zřejmé, o jaký prvek procesu se jedná. Běh procesu by měl být znázorněn zleva doprava (kromě zemí kde je směr psaní odlišný). Linie, které pokračují mimo ovládací okno, bychom měli označit štítkem s popisem, kam daný proces pokračuje. [4]

Vyhnout bychom se určitě měli nadužívání animací. Pohyb totiž primárně přitahuje lidskou pozornost, a tak by jednoduchá animace měla být vyhrazena pouze pro alarm, kterému je třeba věnovat okamžitou pozornost. Ostatní dynamické jevy můžeme znázornit například změnou barvy objektu, nikoliv však animací daného procesu nebo například blikáním. Aby bylo jasné, v jakém stavu se daný prvek nachází, můžeme k němu připojit štítek s textem, popisujícím jeho aktuální stav např. „BĚŽÍ“ a „STOJÍ“. Štítek má za účel informovat o aktuální situaci, ve které se zařízení nachází, tudíž je vhodné se vyvarovat

popisů typu „START“ a „STOP“. Takovýto popis evokuje spíše pokyn, nikoliv informaci o aktuálním stavu zařízení.

Příklad potencionálně rizikového použití barev je zobrazen na obrázku 8 ze spalovny ZEVO Malešice.



Obrázek 8 – HMI – spalovna ZEVO Malešice

Toto okno slouží operátorovi k řízení spalování z velínu. Na příkladu můžeme dobře vidět riziko nadužívání barev. Ačkoli zobrazený proces aktuálně běží v pořádku, všechny barevně ztvárněné části větrací soustavy na sebe primárně stahují pozornost. Hrozí, že pro uživatele může být velmi problematické zaznamenat přechod některé z regulovaných hodnot (v bílých rámečcích) do rizikového stavu, který je na tomto panelu znázorněn taktéž červenou barvou.

Negativně působit mohou i výrazně (tmavě zeleně) zobrazené prvky, které pracují. Tyto kruhy v dolní části obrázku navíc při zpětném chodu blikají, čímž na sebe ještě více strhávají operátorovu pozornost.

Kladně vyzdvihnout pak můžeme schematické znázornění kotle a potrubí, komplexní pozadí v odstínech šedi nebo například bílé rámečky okolo výstupních hodnot.

3.6. Organizace struktury panelů

Pro řízení složitějších systémů, kde je potřeba vícero oken, vyvstává otázka, jak co nejlépe zorganizovat jejich posloupnost, aby byla zajištěna co nejlepší přehlednost pro operátora. Dobrým řešením pro přecházení mezi okny je použití tlačítek. Pomocí tlačítek může uživatel volně procházet mezi jednotlivými panely bez toho, aby si musel pamatovat hierarchii systému. Pro správné navádění systémem, je také důležité, aby jednotlivá tlačítka byla náležitě popsána a umístěna.

Aby byla hierarchie systému přehledná, je žádoucí pracovat v několika na sebe navazujících úrovních. Optimem je čtyř úrovňová hierarchie na bázi „stromu“, kde se operátor dostane skrze tlačítko vždy pouze o úroveň výš. Výchozím panelem by jistě měl být dobře přehledný rozcestník s rozmístěnými tlačítky pro otevření hlavních oken řízených procesů. V těchto oknech se pak odehrává primární řízení dané jednotky procesu. Další úroveň je potom vyhrazena na zobrazování detailních informací o jednotlivých hodnotách nebo zařízeních na aktuálním panelu. Patří sem zejména alarmy, grafy, doplňující hodnoty, stav zařízení atd. Poslední úrovní potom zajišťujeme diagnostiku, dokumentaci, návody a pomoc při problémech týkajících se daných prvků třetí úrovně. [4]

V ideálním případě potom můžeme využít více obrazovek. Pokud se tak rozhodneme, ještě musíme zvážit jak správně obrazovky umístit, aby bylo efektivně využito operátorovo periferní vidění. Logické je umístit obrazovku, na kterou bude operátorova pozornost zaměřena většinu času přímo proti operátorovi do jeho zorného pole. Ostatní obrazovky můžeme potom umístit podle potřeby vedle nebo i pod obrazovku primární.

3.7. Shrnutí

Ačkoli je zde uvedeno hodně principů, které mohou být pro návrh rozhraní člověk-stroj užitečné, neexistuje metodika, která by se dala brát jako univerzální. Každá aplikace je svým způsobem unikátní a je třeba vždy zvážit potřeby konkrétního SCADA/HMI. Rozhodujícím faktorem v této oblasti je funkčnost. To, zda je rozhraní správně navrženo, nejlépe odhalí

testování v provozu. Důležitá je zejména komunikace s jeho uživateli, kteří mohou svými postřehy přispět k správnému vyladění celého rozhraní.

Užitečným prostředkem je také inženýrsko-psychologické testování, díky kterému můžeme rozkrýt některé vlastností systému, které nejsou na první pohled patrné. Jedná se zejména o dvě v některých aplikacích protichůdné vlastnosti, intuitivnost a optimálnost procesu. Intuitivní systém, který je jednoduchý na pochopení a klade minimální nároky na zácvik obsluhy, může být méně efektivní, než systém vyžadující delší čas na pochopení s efektivnějším rozhraním. Proto je vždy třeba dopředu zvážit, co u daného systému preferujeme.

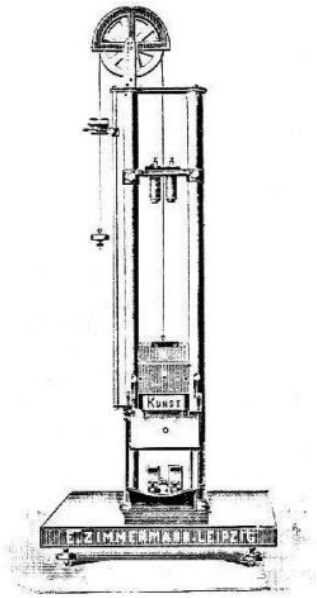
Úskalím pro obnovu rozhraní v již fungujících zařízeních může být negativní reakce lidí, zvyklých pracovat ve starém uživatelské prostředí. Tento přístup uživatelů je normální, pochopitelný a je třeba s ním počítat. Neměl by však odrazovat od důležitých změn, které mohou trvale zlepšit fungování celého zařízení i snížit ztráty způsobené chybami obsluhy.

4. Možnosti testování navrženého HMI

4.1. Tachistoskopické testování

Jedná se o druh testu z oblasti inženýrské psychologie, jehož podstatou je zjistit, jak je člověk schopen číst informace zobrazené pouze omezený časový interval. Pro laboratorní testování se k tomuto testu používal přístroj zvaný tachistoskop (obrázek 9). Je to zařízení, skrze které osoba sleduje vybraný objekt. Průzor tachistoskopu je při normálním stavu uzavřen a otvírá se pouze během testování na omezený čas. Hodnocení testu pak spočívá v zaznamenání, kolik informací byl subjekt schopen přečíst za čas, kdy byl průzor

tachistoskopu otevřen. Dnes byl tachistoskop nahrazen počítačovými programy, které dokážou zobrazovat data pouze po omezenou dobu.[11]



Obrázek 9 - Wundtův pádový tachistoskop[12]

K jednoduché realizaci testu pro průmyslové HMI můžeme použít například starý fotoaparát s nastavitelným časem otevření závěrky. Při testu se testovaný subjekt dívá na obrazovku s rozhraním skrz objektiv fotoaparátu (nikoliv hledáček, zadní kryt je otevřen, aby testovaná osoba viděla jen skrze objektiv). Závěrka fotoaparátu je nastavena na předem vybraný čas. Na panelu jsou poté vybrána data, která jsou pro test důležitá. Měří se hlavně kvantita a kvalita informací, které osoba při testu přečte.

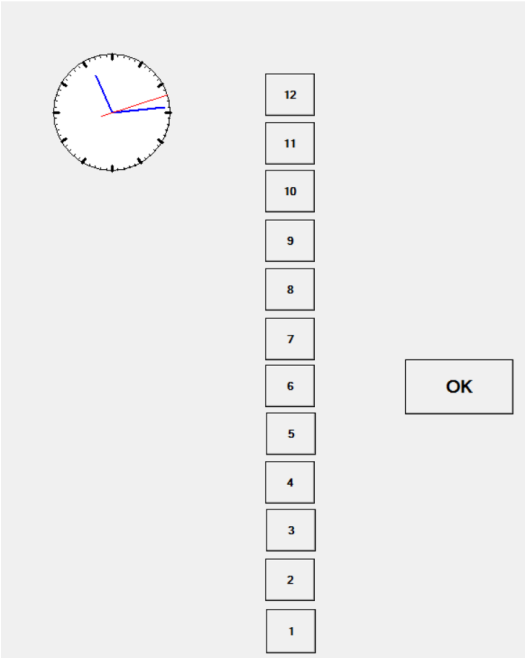
Pro test je vhodné vytvořit vícero různých realizací panelu a jednotlivá řešení mezi sebou porovnat. Zajímavé je například porovnání, jak je člověk schopen přečíst data, která jsou zobrazena digitálně a analogově.

5. Pilotní test vizualizace SCADA/HMI

5.1. Podoba testovaného rozhraní

Jako příklad pro testování byl zvolen ovládací panel výtahu. Pro vizualizaci a následné testování byl použit program pro návrh SCADA/HMI systémů, Reliance 4 od firmy GEOVAP[13].

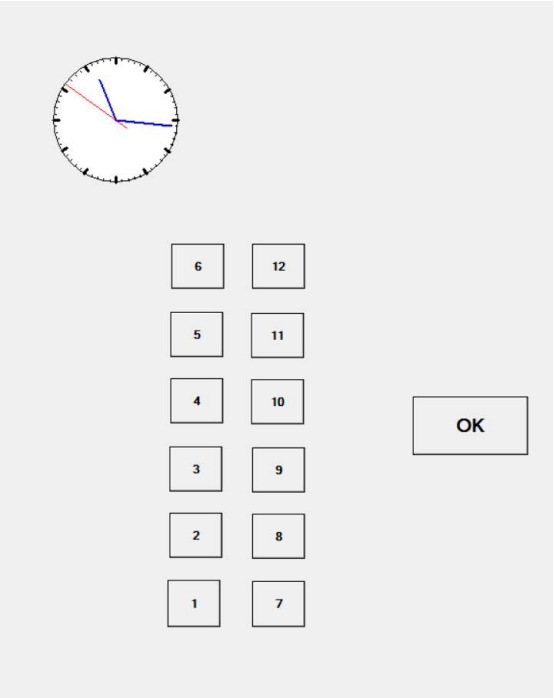
Celkem se testovaly tři modely ovládacího panelu. První byl vytvořen s pomocí mentálního modelu, kdy předpokládáme, že patra domu jsou seřazena nad sebou od prvního do nejvyššího. Stejně tak jsou seřazena i tlačítka na panelu.



Obrázek 10 - Panel 1[13]

Druhým modelem (obrázek 10) je panel, kde jsou tlačítka pater seřazena do dvou řad vedle sebe. Takto navržený model neodpovídá mentálnímu modelu domu, kde jsou všechna patra v jedné řadě nad sebou a tím může mást operátora. Mentálním modelem domu je v tomto případě myšlena představa patrového domu, jejíž podobu můžeme částečně definovat například pomocí schématu. „Schéma vyjadřuje podstatu funkce popisovaného objektu, při

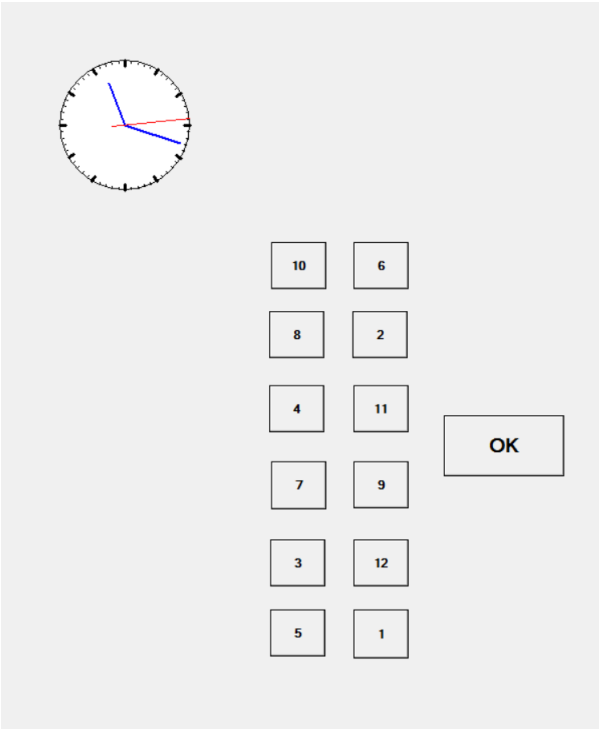
současné abstrakci od jeho konkrétní realizace.“[14] Pokud mentální model interferuje[2] s vizualizací, resp. mentální model výtahu interferuje s modelem vytvořeným ze senzorických dat (tedy z vizualizace), potom dochází k latenci v reakčních časech a růstu operátorských chyb (např. přehmatům). V našem případě potom tlačítko patra, které je umístěno výš v domě, nemusí být výš na panelu. Tento typ HMI byl vybrán z toho důvodu, že je běžně používán v praxi (zejména z ergonomických důvodů, ale odporuje principům kognitivní ergonomie).



Obrázek 11 - Panel 2[13]

Poslední model byl vytvořen pro srovnání s předchozími metodami. Je jím panel se dvěma řadami tlačítek, ve kterém jsou čísla pater náhodně rozmístěna.

2 Interferencí je v kognitivní psychologii míněn negativní transfer dvou paměťových obsahů. Transferem rozumíme v kognitivní psychologii vliv osvojených poznatků a zkušeností na řešení nových problémů.



Obrázek 12 - Panel 3[13]

Pro jednoduchost je ve všech případech použito pouze dvanáct tlačítek.

5.2. Struktura testu

Smyslem testu je zjistit, jak rychle se testované osoby dovedou orientovat na panelech a ověřit předpoklad, že pokud panel odpovídá mentálnímu modelu výtahu, člověk se v něm orientuje lépe, než pokud tomu tak není. Rozhodující hodnotou pro měření rychlosti orientace byl vybrán čas, za jaký je osoba schopna vyřešit úkol na testovaném panelu.

Testovaná osoba nejprve obdrží pět kartiček s náhodně seřazenými čísly 1-12. Tyto kartičky jsou otočeny lícem dolů tak, aby dopředu nebylo vidět, v jakém pořadí jsou čísla zapsána. Osoba je poté vyzvána, aby stiskla tlačítko „START“, které zakrývá panel tak, že není dopředu vidět uspořádání panelu, čímž je do databáze programu vložena časová značka. Subjekt poté otočí první kartičku a pokusí se co nejrychleji stisknout tlačítka na panelu v pořadí, ve kterém jsou na kartičce zapsána. Jakmile testovaná osoba stiskne poslední číslo na obrazovce, potvrdí dokončení úkolu stiskem tlačítka „OK“. Tlačítko „OK“ vloží do databáze další časovou značku a opět zakryje testovaný panel tlačítkem „START“. Osoba je

pak vyzvána, aby pokračovala v testu tím, že stiskne tlačítko „START“ a odkryje další kartičku. Kartiček je dohromady pět. Tímto testováním tedy získáme pět časových údajů o tom, za jak dlouho byla osoba schopna test vyřešit. Test provedeme podle tohoto návodu pro všechny tři panely.

5.3. Instrukce

V následujícím testu se Vám po stisknutí tlačítka START zobrazí několik tlačítek s čísly 1-12, která budou představovat ovládací panel výtahu. Na stole před Vámi je hromádka pěti kartiček. Na každé z nich jsou čísla 1-12 zapsána v náhodném pořadí ve třech řadách nad sebou. Vaším úkolem bude stisknout tlačítka na obrazovce v pořadí, ve kterém jsou zapsána na kartičce. Při stisknutí tlačítka ohlásíte číslo nahlas. Po stisknutí posledního čísla z kartičky stisknete tlačítko OK. Test zopakujte s každou z kartiček.

5.4. Průběh testu

Testování probíhalo pouze na pilotní úrovni. Účastnilo se ho devět subjektů různých věkových kategorií. Kvůli malému zkoumanému vzorku byl pro odstranění vlivu osobnostních dispozic proveden normalizovaný test Číselný čtverec[15]. Test hodnotí „zejména úroveň koncentrace a distribuce pozornosti, posuzuje schopnost odolávat určité zátěži pozornosti“[16]. Při testu se vycházelo z norem sestavených pro dospělou populaci[17].

Smyslem tohoto testování bylo zjistit, do jaké části populace patří testovaná skupina vzhledem k pozornosti a schopnosti koncentrace. Test proběhl podle zadaných instrukcí.

Výstupem z testu je tabulka naměřených časů jednotlivých částí testu, ze kterých byly zprůměrovány tři hodnoty. Celkový průměr, průměr prvních pěti pokusů (M1), průměr druhých pěti pokusů (M2). Podle těchto hodnot lze potom určit, jaký je percentil testované skupiny vzhledem k většímu vzorku populace.

	Průměr celého vzorku	Percentil
Celkový	25,719	35
M1	28,152	50
M2	23,286	35

Tabulka 4 – výsledky testu Číselný čtverec (zbytek dat v příloze 1)

Tabulka 4 obsahuje výsledky testu Číselný čtverec. Můžeme vidět, že průměr z druhých pěti pokusů (M2) a celkový průměr odpovídají přibližně percentilu 35. Průměr z prvních pěti pokusů (M1) pak percentilu 50. Na základě těchto hodnot lze konstatovat, že testovaná skupina se vzhledem k tabulkám testu Číselný čtverec pohybuje někde okolo percentilu 40. Závěr pro následující test je tedy takový, že co se osobnostních dispozic v pozornosti a vyhledávání týče, pracujeme se skupinou lehce podprůměrnou až průměrnou.

5.5. Výsledky

Rozhodujícím výstupem z testu je databáze časových značek začátku a konce testování jedné kartičky, ze kterých se po odečtení stanoví časy jednotlivých pokusů. Z těchto časů je potom vytvořen průměr pro každý test zvlášť. Jednotlivé testy tedy na základě těchto průměrů můžeme porovnat (tabulka 5).

	Test 1	Test 2	Test 3
Průměr na pokus	0:00:20	0:00:22	0:00:26

Tabulka 5 – výsledky testu

Z výsledků vyplývá, že první test dokázal testovaný vzorek osob vyřešit v průměru za 20 sekund. Druhý test pak subjektům trval o dvě sekundy déle, tedy 22 sekund. Poslední srovnávací test, bez uspořádaných tlačítek zabral testovaným osobám 26 sekund. Po srovnání výsledků tedy můžeme konstatovat, že odpovídají základní tezi, že v prvním testu se uživatel dokáže zorientovat nejrychleji. Dvousekundová ztráta znamená desetiprocentní zpoždění druhého testu oproti testu prvnímu. Desetiprocentní zpoždění se v daném případě dá považovat za statisticky podstatné. Je však třeba konstatovat, že testovaný vzorek nebyl příliš rozsáhlý a tím pádem nelze učinit směrodatné závěry.

Vzhledem k tomu, že testováno bylo pouze devět osob, nepředpokládalo se, že by testování mohlo být bráno obecně směrodatně. Pro ověření možnosti, že výsledky testu byly

pouze dílem náhody, nikoli předpokládaných závislostí, byly výsledky podrobeny Wilcoxonovu párovému testu.

Tento test má za cíl určit pravděpodobnost toho, že výsledky testu nepotvrzují předem dané hypotézy. Objektem testu byl rozdíl mezi průměrnými výsledky prvního a druhého testu. Obě aplikace se používají v praxi a je tedy žádoucí zjistit, jestli skutečně platí předpoklad, že první řešení odpovídající mentálnímu modelu výtahu poskytuje lepší prostředí pro orientaci uživatele. Pro realizaci testu byl použit program STATISTICA[18].

Podle návodu byly do tabulky v programu STATISTICA vložena data, jak můžeme vidět na obrázku číslo 12.

	1 TEST1	2 TEST2
1	14	20
2	26	28
3	20	20
4	17	18
5	17	19
6	16	18
7	25	26
8	19	21
9	39	33
10		

Obrázek 13 - Vstup pro Wilcoxonův párový test do programu STATISTICA

Na obrázku č. 13 pak můžeme vidět výstup z programu zobrazující výsledky testu.

	Wilcoxonův párový test (TEST-BP) Označené testy jsou významné na hladině p <,05000			
Dvojice proměnných	**Počet platných**	T	Z	Úroveň p
TEST1 & TEST2	9	7,500000	1,470294	0,141483

Obrázek 14 - Výstup z programu STATISTICA pro Wilcoxonův párový test

Výsledky testu je třeba zhodnotit vzhledem k požadované pravděpodobnosti, že jsou výsledky pouze dílem náhody. Maximální povolenou pravděpodobnost je potřeba předem stanovit. Obecně se ve statistice považuje za hraniční hodnotu pravděpodobnost chyby druhého typu p_0=0,05, tedy pětiprocentní šance na to, že podoba výsledků je pouze náhodná. Z této hodnoty bylo tedy vycházeno. Při našem testování vyšla pravděpodobnost p_1=0,142.

Ze srovnání vyplývá, že výsledná hodnota významně přesahuje maximální přijatelnou hodnotu. Pravděpodobnost, že výsledky jsou pouze náhodné je 14,2%. Lze tedy konstatovat, že z výsledných hodnot nelze vyvodit obecně platné závěry. Tato skutečnost je způsobena zejména tím, že testovaným vzorkem bylo pouze devět osob. Pro relevanci výsledků a potvrzení hypotézy by bylo potřeba testovat větší vzorek populace.

6. Závěr

Cílem práce bylo popsat metodiku návrhu rozhraní člověk/stroj neboli HMI. Z rešerše v této oblasti vyplynulo, že ačkoli dosud nebyl vydán žádný standard nebo norma, existuje řada zajímavých projektů, které se problematice věnují a již několik let se snaží o monitorování situace a vývoj nových postupů.

Při šetření v oblasti principů a užitečných poznatků pro návrh průmyslových HMI, byla sepsána řada užitečných informací. Nalezené texty se v mnoha případech věnují tématu pouze okrajově nebo jsou již vztažené na konkrétní aplikaci. Přesto bylo objeveno také několik dobrých zdrojů od současných autorů, kteří se problematice věnují už řadu let.

Zajímavé bylo také srovnání teoretických principů s reálnými aplikacemi na pracovištích. Ukázalo se, že efektivní HMI není samozřejmostí, nicméně v případě zájmu již není problém získat dostatečné množství informací, pro jeho implementaci.

Zkoumaným nástrojem pro práci v této oblasti bylo inženýrsko-psychologické testování. Pilotní test sice neprokázal směrodatné výsledky, nicméně může být jistou inspirací pro případná další šetření.

Seznam užitých bibliografických citací

[1] Austin Scott, „ASM - 4 BEST PRACTICES", *Cimation*, 22-pro-2011. .

[2] Austin Scott, „ASM Abnormal Situation Management SCADA Standard", *Synergist*, 31-pro-2011. .

[3] S. Weinschenk, *100 věcí, které by měl každý designér vědět o lidech*. Brno: Computer Press, 2012.

[4] B. R. Hollifield, D. Oliver, I. Nimmo, a E. Habibi, Ed., *Das High Performance HMI-Handbuch: eine umfassende Anleitung zur Gestaltung, Implementierung und Wartung effektiver HMIs für den Betrieb von Industrieanlagen*, 1. Aufl. Houston, Tex: PAS, 2012.

[5] Dr. Maurice Wilkins, Greg Lehmann, „ISA 101, Human-Machine Interfaces", 11-čer-2016. .

[6] Bill R. Hollifield, „Alarm Management and HMI: What Documents Are Standards, What Are Not, What's the Difference, and Why Should You Care?", Houston, Texas, USA, 19-kvě-2014.

[7] Raghu Raman, Ian Cameron, „Abnormal situation management in process control: Do we have it under control?" 09-kvě-2016.

[8] R. J. Sternberg, *Cognitive psychology*, 6th ed. Belmont, CA: Wadsworth/Cengage Learning, 2012.

[9] Rehabilitace.info, „Krevní rozbor – co znamenají jednotlivé hodnoty?", *Rehabilitace.info*, 10-čer-2013. .

[10] „Vymezení barev a tabulek ke specifikaci obsahu sdělení", *Muzeum umění*. .

[11] Edward C. Godnig, O.D., „The tachistoscope its history & uses, Journal of Behavioral Optometry". 2003.

[12] J. Nejezchleb, *Historie experimentů založených na mžikové prezentaci podnětů*, Thesis, Dept. of Psychology. Brno: Masaryk University Brno, 2011.

[13] *Reliance 4*. GEOVAP, spol. s r.o.

[14] Bíla Jiří, Tlapák Miroslav, *Knowledge Discoveries and Emergent Synthesis in Conceptual ReDesign process*. 2006.

[15] Jirásek J., *Číselný čtverec. Příručka.*, roč. 1975. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy.

[16] Svoboda M., Krejčířová D., Vágnerová M., *Psychodiagnostika dětí a dospívajících*. Praha: Portál, 2001.

[17] Preiss M, Stránecká J, Rodriquez M, Kořínek D., *Číslený čtverec jako neuropsychologická zkouška pozornosti u dospělých*. Psychiatrie, 2003.

[18] *STATISTICA*. StatSoft.