



Text: Bohumil Horák

Od zrównoważonego rozwoju
po projektowanie
i entuzjasm tworzenia,
który jest robotom obcy

Doc. Ing. Bohumil Horák, Ph.D.

Pracuje w Katedrze Cybernetyki oraz BMI Wydziału Elektrotechniki i Informatyki VSB-TU Ostrava. Studiował technologię mechaniczną i robotykę. Pracę doktorską na kierunku Elektronika z roku 1998 zwieczył habilitacją w dziedzinie cybernetyki technicznej. Zajmuje się robotyką, sztuczną inteligencją oraz alternatywnymi źródłami energii. Od roku 2000 prowadzi grupę badawczą zajmującą się problematyką pomiarów i zarządzania odnawialnymi i alternatywnymi źródłami energii. Jest dyrektorem szeregu projektów badawczych. Obecnie trwają projekty skierowane na edukację w dziedzinie gospodarki niskoemisyjnej i technologii sekwestracji CO₂ z procesów metalurgicznych. Jest liderem VSB-TUO w dziedzinie motywacji uczniów szkół średnich do dalszego kształcenia. Organizuje od lat programy i konkursy Zasilanie Słońcem, czy Liga Robotyczna. Wykłada na zagranicznych uczelniach w Anglii, na Islandii, w Chinach i w innych krajach. Jest administratorem Laboratorium Ogniw Paliwowych oraz Laboratorium Prototypów CPIT VSB-TUO. Prowadzi Wspólne Centrum Badań i Monitoringu Trianon w Czeskim Cieszynie oraz Wspólny Instytut Badań i Rozwoju Elektromobilności KAIPAN w miejscowości Smržovka.

Kontakt:

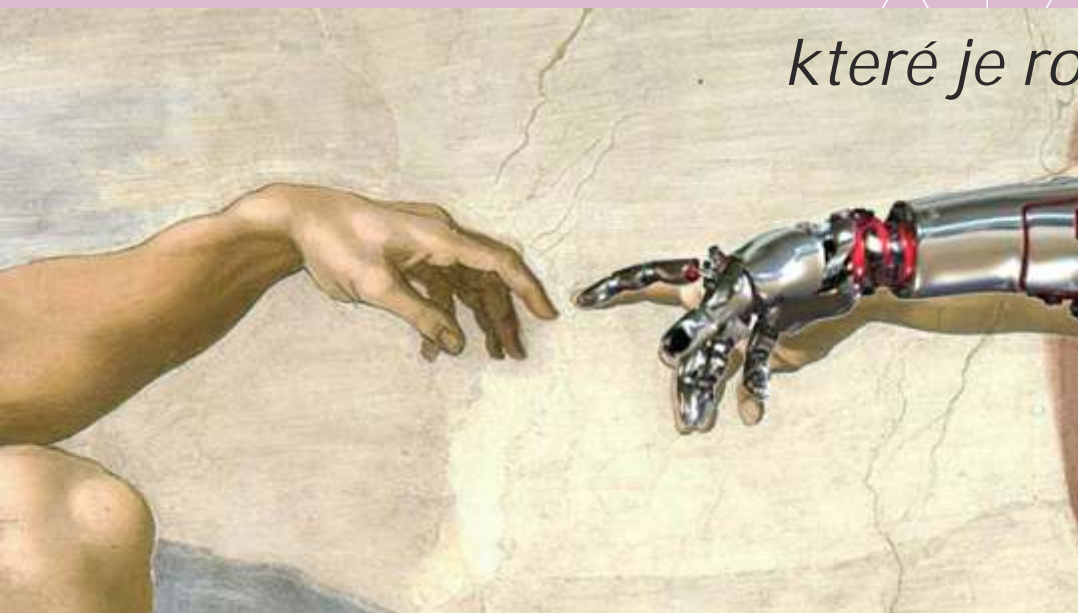
VSB-TU Ostrava, FEI, kat.450, 17.listopadu 15, 708 00 Ostrava-Poruba,
Tel./fax: 59-732-9339 0 70 E-mail: bohumil.horak@vsb.cz,
<http://fuelcell.vsb.cz>, <http://hydrogenix.vsb.cz>, <http://saze.vsb.cz>

Doc. Ing. Bohumil Horák, Ph.D. Pracuje na katedře Cybernetyky a BMI, fakulty elektrotechniky a informatiky VSB-TU Ostrava. Studoval mechanickou technologii a robototechniku. Doktorská práce z oboru Elektronika v roce 1998 byla završena habilitací v oboru Technická kybernetika. Zaměřuje se na robotiku, umělou inteligenci a alternativní zdroje energie. Od roku 2000 vede výzkumnou skupinu zaměřující se na problematiku měření a řízení obnovitelných a alternativních zdrojů energie. Je šéfkem řady výzkumných projektů. Součástí probíhajících projektů jsou zaměřeny na vzdělávání v oblasti nízkouhlíkové ekonomiky a technologie sequestrace CO₂ z metalurgických procesů. Je leaderem VSB-TUO v oblasti motivace studentů středních škol k dalšímu studiu. Dlouhodobě organizuje programy a soutěže Napájení Sluncem a Robotická liga. Přednáší na zahraničních vysokých školách v Anglii, Islandu, Číně a dalších. Je správcem Laboratoře palivových článků a Prototypové laboratoře CPIT VSB-TUO. Vede Společné výzkumné a monitorovací centrum Trianon v českém Cieszynie a Společné výzkumné a vývojové pracoviště pro elektromobilitu KAIPAN ve Smržovce.

Kontakt:

VSB-TU Ostrava, FEI, kat.450, 17.listopadu 15, 708 00 Ostrava-Poruba,
Tel./fax: 59-732-9339, E-Mail: bohumil.horak@vsb.cz,
<http://fuelcell.vsb.cz>, <http://hydrogenix.vsb.cz>, <http://saze.vsb.cz>

Od udržitelnosti k designu
a nadšení z tvoření,
které je robotům cizí



Je li spojrzmy na te slova w uj ciu systematycznym, musimy okre li , co oznaczaj pojedynczo, i co znacz razem. I to nie tylko w historycznym, wspóczesnym, ale przede wszystkim w przyszym znaczeniu tego slowa (wyra enia).

Slovo zrównowa ony znale mo na w mediach w pol czeniu z takimi poj ciami jak ycie, spoeczne stwo, rozwój itp. Historycznie datuje si je ju od 1968 roku, kiedy zalo ono Klub Rzymski, zrzeszaj cy uznane osoby z wielu krajów, zajmuj ce si rozwojem wiata. Wydano badania [1], [3] symulacji komputerowe zachowa populacji dla prognozowania rozwoju w ró nych horyzontach czasowych. Wi kszo modelowanych wariantów zapowiada znacz cy spadek poziomu ycia zwi zany z wyczerpaniem ródeł i zanieczyszczeniem rodowiska w latach 2020 do 2060. Informacji dostarcza równie tzw. raport Brundtland wiatowej Komisji ds. rodowiska i Rozwoju (WCED), wydanego w formie ksi kowej w 1987 roku [2]. Na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku termin ten wszedł do masowej wiadomo ci.

Do glównych zada trwale zrównowa onego rozwoju nale y szczególnie zdefiniowanie koncepcji, które bylyby w stanie ograniczy wpływ populacji na rodowisko naturalne (a zwlaszcza zmniejszy tzw. lad ekologiczny).

- ródlá odnawialne powinny by wykorzystywane z maksymalnie tak pr dko ci , która pozwala im na odnowienie.
- ródlá nieodnawialne powinny by wykorzystywane z maksymalnie tak pr dko ci , z jak b d budowane ich zamienniki, na które b dzie mo na przej w sposób plynny.
- Intensywno zanieczyszczania nie mo e przekroczy zdolno ci asymilacyjnych rodowiska naturalnego.
- Cz wspóczesnych technologii powinna zosta zainwestowana w redukcj zanieczyszcze , ograniczenie marnotrawstwa i zwi ksenie efektywno ci (produktów, energii, procesów produkcyjnych, ...)

Wyró nia si trzy filary zrównowa onego rozwoju: rodowiskowy, ekonomiczny i spoeczny. Ekonomiczny sklada si ze wszystkich dziala gospodarczych w spoeczne stwie. Pełni funkcje w ochronie rodowiska po stronie producenta i konsumenta, tworzy ródlá finansowania naprawy i ochrony oraz wspiera cykl innowacyjny nie tylko w kierunku polepszenia przyjazno ci ekologicznej, ale tak e zwi ksenia warto ci u ytkowej produktu. Filar rodowiskowy zabia si z pasczyn spoeczni i ekonomiczn . Podstawow przesłank jest ochrona ró norodno ci biologicznej. Bazuje na fakcie, e w ograniczonym systemie nieograniczony wzrost jest niemo liwy. Działania filaru spoecznego polegaj na równowa eniu nierówno ci mi dzy poszczególnymi grupami spoecznymi i jednostkami. Koncentruje si on na problematyce likwidowania biedy, równym dost pie do podstawowej higieny i opieki lekarskiej, tłumieniu przejawów dyskryminacji, rasizmu, ksenofobii i nietolerancji religijnej. Tak e na spójno ci mi dzy pokoleniowej oraz integracji osób wykluczonych spoecznie (niepełnosprawnych lub seniorów). Siedemna cie celów zrównowa onego rozwoju zostało zaprezentowane przez ONZ jako program rozwoju do 2030 roku [4]. Zrównowa one działania powinna cechowa wiadoma skromno ci i jednocze nie selektywno wyborów. „Rzeczywi cie wyszy poziom ycia nie polega na konsumpcji prowadz cej do osamotnienia, ale na własnym, aktywnym i twórczym podej ciu do wiata, ...” [5]. Hasłem takiego pojmowania zrównowa onego rozwoju stał si cytat Antoine de Saint-Exupéry: „Nie dziedziczymy Ziemi po naszych przodkach, ale wypo yczamy j od naszych dzieci”.

Zasada trwale zrównowa onego rozwoju jest jasna. Wprowadzenie jej w ycie wywołuje jednak szereg pyta . Czy trwale zrównowa ony rozwój nie jest w zasadzie jedynie sposobem lepszego gospodarowania ródlami nieodnawialnymi? Czy trwale zrównowa ony rozwój chce zachowa wył cznie warto kapitalu naturalnego? Jak mo na zdefiniowa ewentualne potrzeby przyszłych pokole ? Jak długo zrównowa ony mo e by wzrost gospodarczy, który jest zawsze gwałtowny? Czy mocny wzrost gospodarczy da si pol czy z potrzebami dzisiejszej i przyszłej populacji? Czy trwale zrównowa ony rozwój jest w ogóle mo liwy do zrealizowania? Czy w modelach uwzgl dnia si wszystkie mo liwe czynniki przyszłego rozwoju? Czy w ogóle le y w naszym interesie zajmowanie si tym, co nast pi po nas? I inne.

Jednocze nie praktyka przynosi szereg powi zanych koncepcji i modeli. Mówimy o gospodarce cyfrowej jako o rewolucyjnym sposobie alokacji

Pakliže se podíváme na tato slova systematicky je nutno specifikovat co tato znamenají jednotliv , a sou asn , i to co znamenají dohromady. A to nejen v historickém, sou asném ale p edevším budoucím slova (sousloví) smyslu.

Slovo udržitelný je možno v médiích vysledovat v souvislostech s pojmy život, spole nost, rozvoj a dalšími. Historicky jsou tyto datovány již od roku 1968, kdy byl založen ímský klub sdružující uznávané osoby z mnoha zemí a zabývající se vývojem sv ta jako celku. Byly vydány studie [1], [3] využívající počítačových simulací chování populace k predikci vývoje v různých časových horizontech. Přičemž v tšina modelovaných alternativ p edpovídá významný pokles životní úrovn spojený s vý erpáním zdroj a zne íšt ním životního prost edí mezi lety 2020 a 2060. Informace lze získat i z tzv. Brundtland report Sv tové komise pro životní prost edí a rozvoj (WCED) vydané knížn v roce 1987 [2]. Na Summitu Zem v Riu de Janeiro v roce 1992 p ešel tento termín do širokého pov domí.

Mezi hlavní úkoly trvale udržitelného rozvoje pat í zejména definovat koncepcie, které by dokázaly omezit dopad lidské populace na životní prost edí (v podstat snížit tzv. ekologickou stopu).

- *Obnovitelné zdroje by m ly být erpány maximáln rychlostí, kterou se sta í obnovovat.*
- *Vy erpatelné zdroje by m ly být erpány maximáln rychlostí, kterou budou budovány jejich náhrady, na n ž bude možno plynule p ejít.*
- *Intenzita zne íšt ování nesmí p esáhnout asimila ní kapacity životního prost edí.*
- *ást sou asných technologií by m la být investována na redukcí zne íšt ní, snížení plýtvaní a zvýšení efektivity (výroba , energie, výrobních postup , ...).*

Jsou rozlišovány t í základní pilí e udržitelného rozvoje environmentální, ekonomický a sociální. Ekonomický se sestává ze všech hospodá ských aktivit ve spole nosti. Plní funkce k ochran životního prost edí na stran výrobce i spot ebitele, vytvá í finan ní zdroje k další sekundární sanaci a ochran a podporuje inova ní cyklus sm rem ke zlepšení nejen environmentální šetrnosti, ale i ke zlepšení užité hodnoty výrobku. Environmentální pilí zasahuje do roviny sociální i ekonomické. Zásadní premisou je ochrana biodiverzity. Vychází z faktu, že v omezeném systému není neomezený r st možný. Aktivy sociálního pilí e spo ívají ve vyvažování nerovností mezi jednotlivými spole enskými skupinami i jednotlivci. Zabývá se problematikou odstra ování chudoby, rovným p ístupem k základním hygienickým podmínkám a léka ské pé í, potla ováním projevů diskriminace, rasismu, xenofobie a náboženské nesnášenlivosti. Také mezigenera ní soudržnosti a sociálním za le ováním vylou ených (handicapovaných i senior). Sedmáct cíl udržitelného rozvoje je v sou asnosti prezentováno jako program OSN rozvoje do roku 2030 [4]. Udržitelné aktivity by se m ly ídit principy uv dom lé skromnosti a zároveň výb rové náro nosti. „Skute n vyšší kvalita života, není založena na spot eb vedoucí k odcizení, ale na vlastním aktivním a tvo ivém p ístupu ke sv tu, ...” [5]. Heslem tohoto pojetí udržitelného rozvoje se stal p ípsovaný citát Antoine de Saint-Exupéry: „Ned dime Zemí po našich p edcích, nýbrž si jí vyp j ujeme od našich d tí”

Princip trvale udržitelného rozvoje je jasný. Jeho uvád ní do praxe však vyvolává řady otázek. Není trvale udržitelný rozvoj v podstat jen zp sobem, jak lépe nakládat s neobnovitelnými zdroji? Chce trvale udržitelný rozvoj zachovat výhradn hodnotu p írodního kapitálu? Jak lze definovat p ípadně pot eby budoucích generací? Jak dlouho je ekonomický r st, který je vždy exponenciální, udržitelný? Je silný ekonomický r st slu itelný s pot ebami dnešní i budoucí populace? Je trvale udržitelný v bec realizovatelný? Je v modelech po ítáno se všemi možnými faktory budoucího vývoje? Je v bec v našem zájmu starat se o to, co p íjde po nás? A další.

Sou asn uvád ní do praxe p íná řadu souvisejících konceptů a modelů . Mluvíme o digitální ekonomice jako revolu ním zp sobu alokace zdrojů , využívající informa ních a komunika ních technologií. Díky nim se m ní celá struktura ízení podniků a vznikají nová odvě tví. Jedná se o proces prostupující řadu posledních let spole ností provázaný s koncepcí informa ní spole nosti pro níž je klí ový globální p ístup k informacím zprost edkovaný

nie są opisane w wystarczający sposób, by na podstawie takiego opisu dało się stworzyć w sztucznej inteligencji możliwość do zastosowania formalizm. W psychologii zostały rozwinięte liczne metody wsparcia kreatywności. Można je podzielić na indywidualne i kolektywne. Do metod kolektywnych zaliczyć można np. burzę mózgów, synektyk, metodę KJ, metodę kluczów i potrzeb, metodę Taguchiego solidnego projektu i inne.

O tym, czy dany produkt działają czy innowacyjnych lub inżynierskich można nazwać koncepcji innowacyjną można zdecydować na kilka sposobów. Z jednego korzystają fachowcy z Urzędu Własności Intelaktuualnej i Przemysłowej, chodzi o obecną tzw. „poziomą wynalazczego”. Drugim sposobem jest po prostu ocena jako czy koncepcji innowacyjnych na podstawie gospodarczego i innowacyjnego wyniku ich zastosowania. Trzecim sposobem jest kwantyfikowanie i ewentualnie mierzenie jako czy innowacyjnych. Do tego wykorzystywane są m.in. zasady logiki fuzzy i zasada naruszenia inwariantu strukturalnego znanych rozwiązań, jako przejaw przekroczenia ram i pojawienia się czegoś nieoczekiwanego. Z punktu widzenia wielkości można podzielić produkty twórcze na mikro kreatywne, np. drobne eksperymenty i wnioski racjonalizatorskie, lepsze sformułowanie problemu itp., jako kreatywne wyniki zwykłej codziennej aktywności, makro kreatywne np. nowe hipotezy, czy czy teorii, nowe idee istotne pod względem technologicznym itp., jako wyniki, których wykorzystanie ma głębokie znaczenie dla danej dziedziny oraz megakreatywne, jako epokowe odkrycia i teorie zasadniczo wpływające na stan wiedzy całego społeczeństwa.

O wiele istotniejsze jest określenie stopnia nowości, przy czym wyniki procesu twórczego dzieli się zgodnie z tym, czy powstały przez zwykłą agregację, czy na podstawie procesu synergii.

W naukach technicznych została dobrze wprowadzona metoda Altschullera TRIZ / ARIZ (Teoria Rozwiązania Izobretatorskich Zadania / Algorytm Rozwiązania Izobretatorskich Zadania, 1959) rozwinięta w Baku, w Azerbejdżanie, która stopniowo zyskała popularność w byłym bloku wschodnim. W Republice Czeskiej była rozwijana od roku 1993. Metodyka rozwoju zwaną zadaniem technicznych ARIZ była poszerzona o system wiedzy IM (invention machine), który łączy w sobie metodykę ARIZ oraz funkcjonalną analizę kosztów FNA (Trizing). Kolejnym wsparciem technicznym jest wyszukiwarka semantyczna Knowledgeist a Goldfire Innovator, która łączy w sobie oba poprzednie systemy.

Algorytm ARIZ ma trzy podstawowe zasady - orientacja na cel, definiowanie problemu i wykorzystanie wiedzy (heurystyk) do pokonania sprzeczności czy technicznych i fizycznych oraz operacji myślowych i procesów, które umożliwiają pokonanie różnych barier psychicznych (myślenie nieelastyczne, wisko sformułowane problemy itp.). Algorytm ARIZ jest połączeniem logiki dialektycznej, fantazji i uogólnionego do wiadomości wynalazców z przeszłości i teraźniejszości. Metodyka ARIZ jest zorientowana na cel (goal oriented approach) i wybiera oraz rozwija zawsze jedno, najlepsze i najbardziej stabilne rozwiązanie.

Pozostałe metody designu konceptualnego to na przykład zorientowany na wiedzę GALILEO (OSullivan, 2002) czy AIDA (Rentema, 2000), których jądrem są trzy narzędzia sztucznej inteligencji - rozumowanie oparte na przypadkach (CBR – case-based reasoning), rozumowanie oparte na zasadach (Rule-Based Reasoning) oraz modelowanie za pomocą warunków ograniczających (Constraint-Based Geometrical Modeling).

Obok szeregu metod wspierania kreatywności z biegiem czasu zostały rozwinięte również metody i technika wsparcia pracy konstruktora. Pierwszy projekt maszyny liczącej - kalkulatora z trybem graficznym, który nie został jednak nigdy w praktyce zrealizowany, przedstawił w roku 1945 Vannevar Bush. Dopiero na początku lat 60. firmy General Motors, Lockheed, NASA i Bell Labs wykorzystywały komputery z możliwością interaktywnej obsługi grafiki na monitorze. Wielcy producenci komputerów, jak na przykład IBM, DEC, Control Data i Texas Instruments, zignorowali jednak ten obszar. Pierwsze projekty tych systemów realizowali dla siebie najczęściej sami klienci lub instytuty badawcze, np. Massachusetts Institute of Technology, University of Utah i Xerox PARC w Kalifornii. W latach 70. rozwinięto kilkadziesiąt systemów, które rozwiązywały zadania wsparcia komputerowego w różnych dziedzinach i różniły się od siebie poziomem złożoności oraz jakością. Z nich stopniowo wykrystalizowało się około piętnastu rozwiązań, które były

kreatywne wyniki bieżącej działalności, makro kreatywne np. nowe hipotezy, części teorii, nowe technologicznie ważne myślenki apod. jako wyniki ich wykorzystania mają głębszy význam pro daný obor a megakreativní jako epochální objevy a teorie zásadního vlivu ující poznání celé společnosti.

Mnohem významnější je určení stupně novosti, při němž se výsledky tvořícího procesu dle podle toho, zda vznikly pouhou agregací, nebo na základě synergetického procesu.

V technických vědách je vcelku dobře zavedená Altschullerova metoda TRIZ / ARIZ (Teorie Řešení Izobretatelských Úkol / Algoritmus Řešení Izobretatelských Úkol, 1959) vyvinutá v Baku v Azerbajdžanu a postupně se rozšířila v bývalém východním bloku. V České republice je rozvíjena od roku 1993. Metodika řešení technických úkolů ARIZ byla rozšířena o znalostní systém IM (invention machine), který v sobě kombinuje metodyku ARIZ a funkční nákladovou analýzu FNA (Trizing). Další technickou podporou je sémantický vyhledávač Knowledgeist a Goldfire Innovator, který v sobě kombinuje oba předchozí systémy.

Algoritmus ARIZ má tři základní principy - zaměřením na cíl, definování problému a využitím znalostí (heuristik) k překonávání technických a fyzikálních rozporů a myšlenkových operací a postup, které umožní překonat různé psychické bariéry (nepružné myšlení, úzce formulované problémy apod.). Algoritmus ARIZ představuje spojení dialektické logiky, fantazie a zobecněné zkušenosti vynálezce z minulosti i současnosti. Metodika ARIZ je vedena cílem (goal oriented approach) a vybírá a rozvíjí vždy jedno – nejlepší a nejslibnější řešení.

Další metody podpory konceptuálního designu, jsou například znalostní orientovaný GALILEO (OSullivan, 2002) nebo AIDA (Rentema, 2000), jejichž jádrem jsou tři nástroje umělé inteligence - případové usuzování (CBR – case-based reasoning), pravidlové usuzování (Rule-Based Reasoning) a modelování pomocí omezujících podmínek (Constraint-Based Geometrical Modeling).

Vedle řady metod pro podporu tvorivosti byly postupem doby vyvinuty i metody a technika podporující práci konstruktéra. První návrh počítačové stroje - kalkulačky s grafickým režimem, který ale nebyl nikdy prakticky realizován, představil v r. 1945 Vannevar Bush. Až zaátkem 60-tých let se zasloužili firmy General Motors, Lockheed, NASA a Bell Labs o využití počítače s možností interaktivního ovládání grafiky na obrazovce. Velcí výrobci počítače jako např. IBM, DEC, Control Data a Texas Instruments však tuto oblast ignorovali. První návrhy těchto systémů si realizovali nejprve samotní zákazníci nebo výzkumné ústavy například Massachusetts Institute of Technology, University of Utah a Xerox PARC v Kalifornii. V 70-tých letech bylo vyvinuto několik desítek systémů, které řešily úkoly počítačové podpory navrhování v různých oblastech a lišily se svou komplexností a kvalitou. Z nich se postupně vykrystalizovalo asi patnáct řešení, které se významněji využívaly i mimo vývojových pracovišť. Zaátkem 80-tých let se nesl ve znamení nástupu operačního systému Unix na úkor starších proprietárních systémů a pracovišť vyvíjející systémy pro počítačovou podporu konstruování, které nezachytily tento trend buď zanikly, nebo významně ustoupily ze svých pozic. Toto období je charakteristické tím, že začínají dominovat velké firmy, které produkují náročné a velmi komplexní programové systémy pro počítačovou podporu navrhování a později následně technické inženýrství – počítačovou podporu výroby.

Historie počítačové podpory výroby se začíná datovat od 50-tých let, kdy byl navržen koncept řídicích řízených strojů. Byl to první signál pro nástup elektroniky a později výrobní techniky na podporu výroby. Ale až vznik koncepte počítačového řídicího řízených výrobních strojů (CNC), který se datuje do r. 1970 umožnil rozsáhlejší rozvoj ve vývoji systémů počítačové podpory výroby. Vznikají komplexní systémy pokrývající oblast jak počítačové podpory návrhu výrobku, tak i počítačové podpory jeho výroby. Nejvýznamnější firmou byla v tomto období společnost Computervision, která dominovala v leteckém a automobilovém průmyslu. IBM vyvíjela vlastní systém CAD/CAM, který se později spojil se systémem CATIA. Zaátkem 90-tých let do popředí vystoupila šestice společností Computervision, EDS/Unigraphics, SDRC, PTC, Matra Datavision a Dassault Systemes, které v oblasti velkých CAD/CAM systémů dominují i v současnosti.

Oblast osobních počítačů (PC) byla pro CAD/CAM systémy poměrně dlouhou dobu nezajímavá s ohledem na jejich nízký výrobní výkon. Až

rodeł, wykorzystuj cym technologie informatyczne i komunikacyjne. Dzi ki nim zmienia si cała struktura zarz dzenia przeds biorstw i powstaj nowe dziedziny. Jest to proces przenikaj cy w ostatnich latach społecze stwa, zwi zany z koncepcj społecze stwa informatycznego dla którego kluczowy jest globalny dost p do informacji udost pnianych przez sieci cyfrowe [6]. Dowiadujemy si o gospodarce cyrkularnej zajmuj cej si sposobami polepszenia jako ci rodowiska naturalnego i ycia ludzkiego poprzez zwi kszanie efektywno ci produkcji. Dzieli ona wykorzystywane materiały na dwa oddzielne i niezale nie cyrkuluj ce okr gi, kieruj ce si odr bn logik . Jeden operuje na łatwo degradowalnych materiałach organicznych, które maj minimalny wpływ na biosfer . Drugi wykorzystuje w produktach materiały syntetyczne, które mo na nast pnie wyodr bni , wykorzystysta i u ywa tak by nie bylo konieczne wprowadzanie ich z powrotem do biosfery [7].

Angielskie słowo design wywodzi si z łaci skiego de-signare, czyli „oznaczy ”, „wyznaczy ” a nast pnie zyskało równie znaczenie „projekt” „zaprojektowa ”. Od połowy XX wieku przyj ło si w wielu j zykach, w tym w czeskim. Celem designu jest poł czenie w jak najbardziej spójny sposób strony funkcjonalnej i estetycznej projektowanego przedmiotu lub systemu. Dlatego wymaga zarówno umiej tno ci i wiedzy plastycznej, jak i technicznej. Pod wzgl dem dziedziny zastosowania rozró niamy design usług, przemysłowy, produktowy, internetowy, graficzny, playful design, web design i inne.

Jednocze nie termin „równnowa ony design” oznacza kompleksowy zbiór rozwi za , procedur i technologii umo liwiaj cych projektowanie, rozwijanie i wytwarzanie produktów o minimalnym wpływie na rodowisko naturalne i społecze stwo. Zasady wykorzystywane s w ró nych dziedzinach, przy czym we wszystkich słu one projektowaniu, rozwojowi i produkcji takich produktów, które b d wspiera zównnowa ony rozwój. Nale y zwróci uwag , e słowo design ma w j zyku angielskim o wiele szersze znaczenie ni w j zyku czeskim i w tym kontek cie oznacza raczej rozwój, projekt i własne konstruowanie.

Historycznie rzecz ujmuj c, wielu autorów (Poincaré, 1909) wyodr bniło kilka faz projektu twórczego. Istnieje tu analogia do faz poszukiwania rozwi za w kontek cie rozwi zywania problemów. Projektowanie jest z psychologicznego punktu widzenia rozwi zyaniem problemów [8]. Mo emy wyodr bni faz przygotowania, w której zostaje zidentyfikowane powstanie potrzeby - stwierdzenie istnienie problemu, faza wiadomej lub nie wiadomej inkubacji w której dochodzi do przemy le i do eksperymentów my lowych a na ich podstawie do zrozumienia problemu, faza wgl du z generowaniem potencjalnych rozwi za oraz ich ocen, wzajemnego porównywania w fazie weryfikacji i oceny oraz implementacja jako realizacja najlepszego rozwi zania wraz z testowaniem i dokumentacj w celu komunikowania o nich i ko cowej oceny.

Poj cie cyklu ycia produktu jest bardzo istotne dla proponowanej metodyki. Ka dy produkt podlega cyklo m ycia o sze ciu fazach: tworzenia specyfikacji i planowania, projektu koncepcyjnego, konstrukcji produktu i przygotowania technicznego produkcji, produkcji, u ytkowania produktu i jego likwidacji.

Wiedza o przebiegu cyklu ycia produktu wskazuje na niezast pione znaczenie faz projektowych. Koszty własne fazy projektu s bardzo małe w porównaniu z kosztami produkcji. Prowadzi to do niedocenia fazy projektu oraz niedocenia czasu potrzebnego na t faz . Decyzje podj te podczas projektowania maj najwi ksz y wpływ na koszty, jako i okres rozwoju produktu.

W pierwszej fazie - tworzenia specyfikacji, projekt in ynierski zajmuje si stworzeniem produktu spełniaj cego potrzeby rynku. Rynek jest to rozumiany jako miejsce zbytu produktu. Pora k jest sytuacja, w której produkt nie spełni oczekiwa rynku (nawet je li to doskonałe rozwi zanie). Zrozumienie potrzeb rynku jest warunkiem koniecznym sukcesu projektu i projektanta. Wymogi definiowane s tutaj w kategoriach celów i ogranicze , jako niewymierne i wymierne wielko ci np. tani, przyjemny, pojemno 1 litr, trzybiegowy itp. Tworzy si drzewo celów i drzewo rodków i przepracowuje si je wielokrotnie. Na tym etapie wa ne jest rozwini cie funkcji jako ci przez „przetłumaczenie” wymogów klienta na mierzalne specyfikacje techniczne, okre lenie priorytetów wymogów i ycze , testowanie - benchmarking konkurencji pod wzgl dem

datovými sít mi [6]. Dovídáme se o cirkulární ekonomice zabývající se zp soby zvyšování kvality životního prostředí a lidského života zvyšováním efektivity produkce. Která rozd luje používané materiály do dvou odd lených nezávisle cirkulujících okruh ídících se rozdílnou logikou, operující se snadno odbouratelnými materiály organického p vodu s minimálními vlivy na biosféru. Další se syntetickými materiály v produktech, jež by bylo možné následn extrahovat, použít a nebylo tak nikdy nutné je do biosféry navracet [7].

Anglické slovo design je odvozeno z latinského de-signare, ozna it, vyzna it, a postupn získalo také významy „navrhnout” i „návrh”. Od poloviny 20. století se rozší ilo do mnoha jazyk v etn eského jazyka. Cílem designu je co nejlé ehn ji propojit funk ní a estetickou stránku navrhovaného p edm tu i systému. Vyžaduje proto jak výtvarné, tak technické znalosti a dovednosti. Podle oblastí, kde se design uplat uje rozlišujeme design služeb, pr myslový, produktový, interiérový, grafický, playful design, web design a další.

P itom pojem „udržitelný design” ozna uje komplexní soubor ešení, postup a technologií, které umož ují navrhovat, vyvíjet a vyráb t produkty s minimálním negativním dopadem na životní prostředí a spole nost. Zásady se využívají v ad odv tví, p i emž ve všech slouží k navrhování, vývoji a výrob takových produkt , které budou p íspívat k celkové udržitelnosti. Je d ležité upozornit, že slovo design má v angli tin mnohem širší význam než v eštin a v tomto kontextu znamená spíše vývoj, návrh a vlastní konstruování.

Historicky mnoho autor (Poincaré, 1909) identifikovalo v tvo ivém procesu n kolik fází. Je zde podobnost s fázemi hledání ešení v kontextu ešení problém . Navrhování je z psychologického hlediska ešení problém [8]. Je možno vysledovat fáze p ípravy kdy je identifikován vznik pot eby – zjistí na existence problému, fáze v domé i nev domé inkubace kdy dochází k p emyšlení a myšlenkovým experiment m a na základ nich k porozum ní problému, fáze vhladu s generováním potenciálních ešení jejich vyhodnocení, vzájemného porovnávání ve fázích verifikace a zhodnocení a implementace jako realizace nejlepšího ešení spolu s testováním a dokumentací za ú elem komunikace o nich a výsledného zhodnocení.

Pojem životního cyklu výrobku je velmi d ležitý pro návrhovou metodiku. Každý výrobek probíhá životními cykly v šesti fázích vytvo ení specifikace a plánování, koncepc ního návrhu, konstrukce výrobku a technické p ípravy výroby, výroby výrobku jeho použití a likvidace.

Poznatky o pr b hu životního cyklu výrobku ukazují na nezastupitelnou d ležitost návrhových fází. Náklady na vlastní fáze návrhu jsou velmi malé v porovnání s náklady na výrobu výrobku. Toto vede k podce ování fází návrhu a podhodnocení asového prostoru pro tyto fáze. Rozhodnutí vykonaná b hem návrhu mají nejlé tší vliv na náklady, kvalitu a dobu vývoje výrobku.

V první z fází – vytvo ení specifikace se inženýrský návrh zabývá vytvo ením výrobku, který spl uje pot eby trhu. Trh je chápán jako odby t výrobku. Je selháním - jestliže výrobek nesplní požadavky trhu (i kdyby slo o vynikající ešení). Porozum ní pot ebám trhu je nutnou podmínkou úsp šnosti návrhu a návrhá e. Zde jsou požadavky definovány v pojmech cíl a omezení, jako nekvantifikovatelné i kvantifikovatelné veli iny nap . levný, p íjemný, objem 1 litr, t írychlostní apod. Je vytvá en stromu cíl a strom prostředí a tyto jsou mnohokrát p epracovávány. V této fázi je d ležité rozvinutí funkce kvality „p eložení” požadavk zákazníka do m ítelných technických specifikací, ur ení d ležitosti požadavk a p ání, testování – benchmarking konkurence v í sestaveným požadavk m a nové sestavení požadavk a cíl .

Spolu se zadavatelem je vytvá ena specifikace návrhu budoucího výrobku, dokument, jako prost edek pro porovnání konstruk ních ešení, pro analýzu trhu, pro porovnání s konkurencí apod. U specifikace je rozlišován požadavek a p ání nap . požadavkem je p esnost 5% ale p áním jsou 3%.

Sou ástí fáze vytvo ení specifikace je také plánování. Plán je základem úsp šného ízení projektu, kdy je nutno stanovit cíle návrhu, identifikovat jednotlivé úkoly, definovat cíle pro každý úkol a odhadnout pro n j asové a

zestawu wymogów i nowy zestaw wymogów i celów.

Wraz z zamawiającym tworzy się specyfikację projektu przyszłego produktu, dokument będący rodzkiem porównania rozwoju konstrukcyjnych, analizy rynku, porównania z konkurencją itp. W specyfikacji wyrażony jest wymóg i życzenie, np. wymogiem jest dokładność do 5%, natomiast życzeniem co do 3%.

Cztery fazy tworzenia specyfikacji jest również planowanie. Plan jest podstawą sukcesu w zarządzaniu projektem, gdzie należy wyznaczyć cele projektu, zidentyfikować poszczególne zadania, zdefiniować cele każdego z zadań i oszacować jego nakłady czasowe i osobowe, stworzyć etapy poszczególnych zadań z oszacowaniem kosztów ich realizacji oraz całkowitych kosztów projektu.

Proces projektowania jest czynnością złożoną i powolną. Rozwój produktu trwa nieraz nawet kilka lat i uczestniczy w nim wielka liczba zespołów roboczych. W procesie designu i redesignu można rozróżnić fazy projektu wstępnego, w której sformułowane wymogi, funkcje i właściwości projektowanego systemu. W tej fazie projektu projektant wymyśla „co chce stworzyć” i nie interesuje się za bardzo tym „jak to stworzyć”, nastąpi w fazie projektu koncepcyjnego celem jest sformułowanie podstawowych zasad funkcjonowania zaprojektowanego systemu. Na tym etapie projektant zajmuje się tym jak i na jakich zasadach będzie działał projektowany system. Nie interesują go jednak szczegóły techniczne produkcji (implementacji). Projekt koncepcyjny można podzielić na projekt systemu, komponentów i konfiguracji. Projekt komponentów uważa się za najciekawszy, ponieważ obszar ten zawiera ogromną ilość różnorodnych, trudnych do zaprezentowania zwykłymi metodami elementów i zasad, a jego heterogeniczność jest sporym wyzwaniem.

Proces projektowy zakończony jest szczegółowym projektem zawierającym określenie konkretnego wyglądu produktu (kształty, wymiary, materiał itp.). W tych fazach w poszczególnych etapach realizuje się generowanie koncepcji i ich ocena za pomocą różnych technik. Do generowania koncepcji wykorzystuje się np. dekompozycje funkcjonalne lub generowanie koncepcji z funkcji np. analiza morfologiczna Zwickiego lub analizę wartości. W celu oceny koncepcji można zastosować metodę maczycy decyzyjnej Pugh'a. W maksymalnym stopniu korzysta z wprowadzonych rozwiązań z dziedziny matematyki, fizyki, chemii, geometrii itp. oraz wsparcia komputerowego np. CAD/CAM i wielu innych, zgodnie z danymi z dziedziny wiedzy.

Po określeniu „co ma zostać stworzone” należy powiedzieć „jak to stworzymy”. Z punktu widzenia trudnościami rozwiązywania problemów możemy wyróżnić różne typy zadań konstrukcyjnych od „ponownych projektów” - rutynowych projektów włączonych w pozostały proces konstruowania, przez konstruowanie kwalifikacyjne, gdzie zadaniem jest wybranie pozycji z listy np. wybór produktu z katalogu, konstruowanie konfiguracyjne, w którym wszystkie elementy są już skonstruowane i zadaniem jest złożenie ich w całość, np. złożenie komputera z komponentów, a po konstruowanie parametryczne, w którym produkt zostaje opisany przez parametry i ich wzajemne ograniczenia, zadaniem jest dobranie ich w ten sposób, by zostały zachowane wartości parametryczne. Na koniec - oryginalne konstruowanie, w którym zadanie polega na stworzeniu produktu dotychczas nieistniejącego.

W powyższych zadaniach bardzo istotną rolę jest kreatywność. Słowo kreatywność pochodzi pierwotnie z łacińskiego słowa *creare*, co znaczy płodzić, tworzyć, rodzić, założyć itd. Jako termin fachowy słowo kreatywność zyskało popularność prawdopodobnie dzięki angielskiemu słowu *create*. Czeski odpowiednik tego słowa - *bycie twórczym* - ma zupełnie jednoznaczny etymologię. Pierwotne znaczenie słowa lub jego poprzednie znaczenia są domeną językoznawstwa porównawczego lub psychologii analitycznej. Dzisiaj możemy się w nich dopatrzeć na przykład wymogów praktycznej użyteczności rozwoju kreatywnego - kto „nie stworzył”, nie przeżył.

Jak już zostało wspomniane, w przypadku fazy procesu kreatywnego zazwyczaj pojawia się faza inkubacji i iluminacji (wgląd), które mają zasadnicze znaczenie dla procesu kreatywnego. Ich mechanizmy wewnętrzne

personalne wymagania, wytworzone następstwa jednostliwych zadań z odhadem ich kosztów realizacji i odhadem całkowitych kosztów projektu.

Návrhový proces je složitá a zdlouhavá činnost. Vývoj produktu trvá často i několik let a podílí se na něm více pracovních týmů. V procesu designu i redesignu je možné rozoznat fáze před záněm návrhu, kdy jsou zformulovány požadavky, funkce a vlastnosti navrhovaného systému. V této fázi návrhu návrhář vymýšlí „co chce vytvořit“, a nezajímá se příliš o to, „jak to vytvořit“, dále konceptuálního návrhu, jehož cílem je zformulovat základní principy fungování navrhovaného systému. V této fázi se návrhář zabývá tím, jak a na jakých principech bude navrhovaný systém fungovat. Nezajímá se však o technické výrobní (implementační) detaily. Konceptuální návrh lze rozdělit na návrh systému, komponent a konfigurací. Návrh komponent je považován za nejzajímavější, protože tato oblast obsahuje velké množství různých a obvyklými metodami obtížně reprezentovatelných prvků a principů a její heterogenita je velkou výzvou.

Návrhový proces je ukončen detailním návrhem s návrhem a výpočtem konkrétní podoby produktu (tvary, rozměry, materiál atd.). V těchto fázích realizovaných po etapách je realizováno generování konceptů a jejich vyhodnocování pomocí technik. Pro generování konceptů se využívá například funkční dekompozice nebo generování konceptů z funkcí například Zwickiho morfologická analýza nebo hodnotová analýza. Pro vyhodnocování konceptů je možno využít například Pughovu metodu rozhodovací matice. Maximálně využívá zavedených postupů matematiky, fyziky, chemie geometrie apod. i počítačové podpory například CAD/CAM a mnoha dalšími podle potřebného odvětví.

Po specifikaci „co má být vytvořeno“ je nutno říci „jak to vytvoříme“. Z hlediska náročnosti řešených problémů můžeme rozlišit dva typy konstrukčních úloh od „znavující“ - rutinních návrhů za azených do ostatního konstruování, přes výběrové konstruování, kdy je úkolem vybrat položku ze seznamu například volbou výrobku z katalogu, konfiguraci konstruování kdy jsou všechny komponenty zkonstruovány a úkolem je je sestavit do celku například sestavení počítače z komponent až po parametrické konstruování, kdy je výrobek popsán parametry a jejich vzájemnými omezeními a je úkolem je zvolit tak, aby byly splněny hodnoty výsledného parametru. Finální originální konstruování kdy je úkolem vytvořit výrobek, který dosud neexistoval.

Provedení uvedených aktivit je velmi důležitá kreativita. Slovo kreativita pochází z latinského slova *creare*, což znamená plodit, tvořit, rodit, zdat atd. Jako odborný termín se slovo kreativita rozšířilo pravděpodobně z anglického *create*. Český ekvivalent tomuto pojmu - *tvůrčí* - má ne zcela jednoznačnou etymologii. Původní význam slova nebo jeho předchozí významy jsou doménou srovnávacích lingvistů nebo analytických psychologů. Dnes v něm můžeme spatřit například požadavek na praktickou užitečnost kreativního řešení - kdo si „nevytvořil“, nepřežil.

Jak již bylo uvedeno dříve, v předchozí fázi kreativního procesu se obvykle vyskytuje fáze inkubace a osvěcení (vhled), které jsou pro kreativní proces zásadní. Jejich vnitřní mechanismy nejsou dostatečně popsány, tak aby na podklad tohoto popisu bylo možné sestavit v umělé inteligenci použitelný formalismus. V psychologii byly vyvinuty mnohé metody pro podporu tvůrčího. Je možno je rozdělit na individuální a kolektivní. Mezi kolektivní metody je možno počítat například brainstorming, synektiku, KJ metodu, metodu klíčů a potěr, Taguchiho metodu robustního návrhu a další.

O tom, zda je možné nazvat daný produkt invenčním i inženýrských aktivit inovacím konceptem, je možné rozhodovat několika způsoby. Jeden přístup využívají odborníci ústředně pro duševní a přímý myšlenkové vlastnictví a jde například o prezenci tzv. vynálezce kroku. Druhý přístup je zprostředkované posuzování kvality inovací konceptů na základě ekonomického a inovačního sledku jejich použití. Třetí alternativou je inovací kvality kvantifikovat a eventuálně měřit. K tomu využíváme například princip fuzzy logiky a principu porušení strukturního invariantu známých řešení jako projev překročení rámce a emergencí nové nekávaného. Z hlediska velikosti lze dělit tvůrčí produkty na mikrokreativní například drobné experimenty a zlepšovací návrhy, lepší formulace problému apod. jako

w znacznie szerszym stopniu wykorzystywane poza instytucjami rozwojowymi. Początek lat 80' upłynął pod znakiem wejścia systemu operacyjnego Unix na niekorzystarszych systemów zamkniętych, a instytucje rozwijające systemy wsparcia komputerowego, które nie podchwyciły tego trendu zanikły, albo znacząco straciły na znaczeniu. Okres ten charakteryzował się tym, że zaczęły w nim dominować wielkie firmy, produkujące trudne i bardzo skomplikowane systemy programów do komputerowego wsparcia projektowania, a potem nastąpienie działalności technicznej - komputerowego wsparcia produkcji.

Historia komputerowego wsparcia produkcji datowana jest od lat 50', kiedy została zaproponowana koncepcja maszyn sterowanych cyfrowo. Był to pierwszy sygnał wejścia elektroniki a później technologii informatycznych w dziedzinę wsparcia produkcji. Ale dopiero powstanie koncepcji maszyn produkcyjnych sterowanych cyfrowo przez komputer (CNC), datowanej na rok 1970, umożliwił szerszy rozwój systemów komputerowego wsparcia produkcji. Powstały one systemy pokrywające obszar zarówno komputerowego wsparcia projektu produktu, jak i komputerowego wsparcia jego produkcji. Najistotniejszą formą w tym okresie była spółka Computervision, która dominowała w przemyśle lotniczym i samochodowym. IBM rozwijała własny system CAD/CAM, który później został wyparty przez systemem CATIA. Na początku lat 90' na pierwszy plan wysunęły się firmy Computervision, EDS/Unigraphics, SDRC, PTC, Matra Datavision oraz Dassault Systemes, które również obecnie dominują w dziedzinie wielkich systemów CAD/CAM.

Dziedzina komputerów osobistych (PC) była dla systemów CAD/CAM przez długi czas mało interesująca, ze względu na ich małą moc obliczeniową. Dopiero w połowie lat 90' wraz z wejściem procesorów Pentium zaczęły konkurować ze stacjami roboczymi Silicon Graphic, a rozwój programów CAD/CAM umożliwił wykorzystanie ich możliwości w wielu szerszym zakresie.

Korzyści wynikające z wykorzystania programów komputerowych są nieporównywalne z tradycyjnymi procedurami. Dają możliwość edycji graficznej, bez względu na to, czy chodzi o proste operacje, czy o operacje o bardziej złożonym charakterze, jak kontrola poprawności, nanoszenie zmian pomiarów bazami danych, generowanie danych dla produktów itp. Mogą pracować na bibliotekach symboli i elementów konstrukcyjnych i wykorzystywać całe bloki projektów czy ich części konstrukcyjne do pracy nad kolejnymi projektami. Znaczną korzyścią jest forma elektroniczna przygotowanych projektów oraz obszar ich, dzięki prostego i niezawodnego, archiwizowania. Wsparcie komputerowe ułatwia rutynowe czynności i zapobiega błędom z nieuwagi. Istnieją również minusy związane z uszkodzeniem danych elektronicznych przez procesy wewnętrzne lub zewnętrzne, przejrzystość ich wyświetlenia, ale głównym minusem jak dotychczas jest ich cena.

Rola konstruktora jest jednak w dalszym ciągu niezastąpiona. Konstruktor jest osobą twórczą, która patrzy na rozwiązywany problem nie z punktu widzenia danych algorytmów, ale z punktu widzenia do wiadczenia, pomysłów, oszacowań, chwilowej inspiracji i cierpliwej pracy. Komputer, czy te jego programy, wyłącznie wypełnia zadane wcześniej algorytmy - zawsze dokładnie tak samo, zawsze na polecenie człowieka, bez własnej woli, bez do wiadczenia, bez fantazji, bez zmniejszenia, ale również bez pasji.

Komputerowe wsparcie procesu twórczego ma ambicje by stać się dobrym pomocnikiem. Może być zwiastującym i polepszym jako kreatywnej produkcji projektantów. Również komputer może być dobrym sługą i złym panem. Pozostawienie komputerom czynności, które dotychczas były włącznie ludzimi i dawały im satysfakcję, nie będzie korzystne, jeżeli przyzwyczajeni widzimy wielkich odkrywców dobrowolnie stającymi ich sługami lub pracownikami.

W połowie 90-tych lat z nastaniem procesorów Pentium zaczęły PC konkurować z pracowniami Silicon Graphic a rozwój programów CAD/CAM umożliwił wykorzystanie ich możliwości w szerszym zakresie.

Výhody použití počítačových programů jsou nesrovnatelné s klasickými postupy. Mají možnosti grafické editace, a už se jedná o jednoduché operace nebo operace hlubšího charakteru jako kontroly správnosti, přesnost mezi databázemi, generování dat pro výrobu apod. Mohou pracovat s knihovnami symbolů a konstrukčních prvků a využívat celé bloky zapojení i konstrukčních celků k práci na dalších projektech. Významnou výhodou je i elektronická forma vytvořených projektů a oblast jejich dnes již jednoduché a spolehlivé archivace. Počítačová podpora usnadňuje rutinní činnosti a zabráňuje chybám z nepozornosti. Jsou zde i nevýhody vyplývající z poškození elektronických dat vnějšími i vnitřními procesy, přehlednost zobrazení ale hlavní nevýhodou je dosud jejich cena.

Úloha konstruktéra je však nadále nezastupitelná. Konstruktor je tvůrčí osobností, která se na řešení problémů dívá nikoli na základě daných algoritmů, ale na základě zkušeností, nápadů, odhadů, okamžitého vnuknutí i trpělivé práce. Počítač, respektive jeho programové vybavení, pouze plní předem určené algoritmy - vždy přesně stejně, vždy na povel člověka, bez samostatné vůle, bez zkušeností, bez fantazie, bez únavy, ale také bez nadšení.

Počítačová podpora tvůrčího procesu má ambice být dobrým pomocníkem. Může kreativní produkci návrhářů zvýšit a zlepšit. I počítač může být dobrým sluhou a zlým pánem. Ponechat počítači činnost, která je lidem vlastní a poskytuje jim uspokojení by nemuselo být prospěšné, kdybychom se ve vidině velkých objevů dobrovolně stali jejich sluhou i zaměstnanci.

Literatura:

- [1] Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.W.III: The limits of growth. Universe Books, NY 1972
- [2] Our common future. United Nations, A/42/427 1987
http://netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0_Brundtland_Report-1987-Our_Common_Future.pdf
- [3] Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J.: Beyond the limits. Chelsea green publishing, 1992 ISBN9780930031558
- [4] Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, A/RES/70/1 2015
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [5] Rynda, I.: Trvale udržitelný rozvoj
[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHV0HSB/\\$FILE/tur.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFHV0HSB/$FILE/tur.pdf)
- [6] The Opte Project – Originally from the English Wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Internet_map_1024.jpg
- [7] McDonough, W., Braungart, M.: Cradle to Cradle: Remaking the way we make things. North Point Press, NY 2002 ISBN 978-0-86547-587-8
- [8] Andrejsek, K., Beneš, J.: Metody řešení technických problémů, SNTL, Praha, 1984