

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2000-3580**
(22) Přihlášeno: **27.09.2000**
(40) Zveřejněno: **14.08.2002**
(Věstník č. 8/2002)
(47) Uděleno: **22.01.2009**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **04.03.2009**
(Věstník č. 9/2009)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
G08B 1/08 (2006.01)
B60Q 11/00 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

US 5916181; CZ 1996-2675; DE 3240498

(73) Majitel patentu:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
CENTRUM BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ,
Praha, CZ

(72) Původce:

Bittner Roman Ing., Cheb, CZ
Hána Karel Ing., Říčany u Prahy, CZ
Poušek Lubomír MUDr. Ing., Třebíč, CZ
Schreib Petr Ing., Liberec, CZ
Smrčka Pavel Ing., Praha, CZ
Vysoký Petr Doc. Ing. CSc., Praha, CZ

(74) Zástupce:

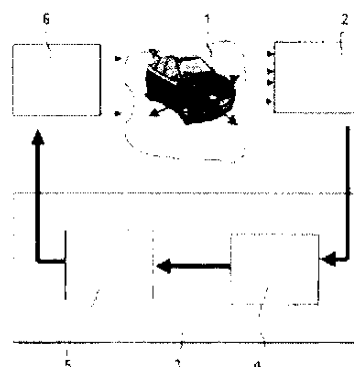
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2082, Praha 5, 15800

(54) Název vynálezu:

**Způsob detekce a signalizace únavy řidiče
během řízení vozidla a zařízení k provádění
tohoto způsobu**

(57) Anotace:

Řešení se týká způsobu, při kterém se po dobu 5 až 25 minut snímá pohyb volantu a/nebo axiální a radiální zrychlení vozidla a/nebo teplota v kabině a/nebo rychlost vozidla a/nebo osvětlení v kabině a/nebo hluk v kabině a/nebo otáčky motoru. Tyto výstupy se zpracovávají a vytváří se referenční soubor dat. Poté pokračuje snímání aktuální hodnoty výstupů a jejich hodnoty se porovnávají s hodnotami z referenčního souboru dat. V případě, že se aktuálně naměřené hodnoty blíží alespoň jednomu lokálnímu maximu únavy predikovanému referenčním souborem dat a hodnotami průběžně měřenými pak se generují signály pro řidiče. Řešení se rovněž týká zařízení k provádění tohoto způsobu, které je tvořeno snímačem pohybu volantu a/nebo snímači axiálního a radiálního zrychlení vozidla a/nebo snímačem teploty v kabině a/nebo snímačem rychlosti vozidla a/nebo snímačem osvětlení v kabině a/nebo snímačem hluku v kabině a/nebo snímačem otáček motoru, které jsou připojeny k jednotce (3) digitálního zpracování signálu tvořené signálovým procesorem realizující komunikaci s obvody snímací jednotky (2), ke které je připojeno signalizační zařízení (6).



Způsob detekce a signalizace únavy řidiče během řízení vozidla a zařízení k provádění tohoto způsobu

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu detekce a signalizace únavy řidiče během řízení vozidla a zařízení k provádění tohoto způsobu. Jedná se o řešení interdisciplinárního charakteru, které zasahuje do oblasti medicíny - biochemie, psychologie psychofyziologie a techniky - elektronický systém sběru dat a jejich digitální zpracování v reálném čase, algoritmy umělé inteligence.

Dosavadní stav techniky

15 Jsou známa bezpečnostní zařízení pracující na principu potvrzování bdělosti řidiče. V určitých intervalech musí řidič prokazovat svou bdělost stisknutím tlačítka. Tento typ bezpečnostního zařízení je využíván hlavně v železniční dopravě, je ale známo i provedení pro silniční motorová vozidla. Je znám i bezpečnostní systém vyhodnocující signály ze zdravotně-signalizačního zaří-
20 zení. Také jsou známy elektronické snímače pohybu očních víček zabudované do brýlí, nebo přístroj umístěný za uchem řidiče, signalizující pokles jeho hlavy.

Známa řešení jsou uvedena například v následujících materiálech. Commercial motor vehicle driver fatigue and alertness study (DFAS), Technical summary FHWA, report FHWA - MC-97-001, 1996; Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation; Trucking
25 Research Institute, American Trucking Associations Foundation; Transportation Development Centre, Transport Canada. Tato studie se zabývá vyhodnocením vlivu dlouhodobého řízení motorového vozidla a rozložení pracovní doby a odpočinku na únavu a ztrátu pozornosti řidičů z povolání. Primárním cílem bylo nalezení a vyhodnocení faktorů, které nejvíce způsobují a ovlivňují únavu řidičů a ztrátu jejich pozornosti, stanovení objektivního a měřitelného vztahu mezi
30 faktory způsobujícími únavu řidiče a jeho výkonem při jízdě a nalezení účinné a efektivní metody potlačení vlivu těchto faktorů. Sekundárním cílem bylo vytvoření podkladů pro možnou konstrukci monitorovacího a výstražného systému únavy řidiče, založeného na sledování dat měřených na vozidle a na řidiči. Studie probíhala v Kanadě a USA v letech 1990 až 1996. Finančně byla podpořena částkou 6 230 000 amerických dolarů. V každé zemi bylo sledováno 40 dobrovolníků - profesionálních řidičů kamionů, v jejich skutečných pracovních podmínkách.

Mezi základními faktory souvisejícími s pracovním nasazením řidičů byla sledována doba nepřetržitého řízení, počet následných cyklů práce-spánků, denní doba řízení a počet hodin spánku - spánkový deficit. Zároveň byly sledovány fyziologické parametry řidiče, jeho projevy a
40 chování během jízdy a některé parametry jízdy.

Získaná data byla analyzována a byla z nich vytvořena rozsáhlá databáze. Výsledky ukazují, že ospalost a únavu řidiče podstatně více závisí na denní době jízdy než na době trvání jízdy nebo kumulaci počtu pracovních dní. Výsledky rovněž potvrzují souvislost některých sledovaných
45 parametrů jízdy se stupněm únavy řidiče.

V konferenčním příspěvku Eye-tracking for detection of driver fatigue; Eriksson. Papanikotopoulos - Department of Computer Sciences, Minnesota University; IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems je popsán systém, který lokalizuje a sleduje oči řidiče. Systém pracuje s
50 kamerou umístěnou uvnitř vozidla a monitoruje obličej řidiče. Článek popisuje metodu, jak ve snímku obličeje vyhledat oči řidiče a určit, zda jsou zavřené nebo otevřené. Pro úspěšnou realizaci takového systému je zdůrazněna potřeba navrhnout systém tak, aby žádným způsobem nenarušoval činnost řidiče a nevyžadoval od něho žádnou interakci.

V článku A drowsiness detection systém; Ogawa. Suzuki. Suenaga - Mitsubishi Denki Giho je uvedena informace o systému, který zpracovává obraz obličeje řidiče snímáný CCD kamerou a detekuje, zda řidič spí nebo jeví známky únavy. Systém zjišťuje z videozáznamu frekvenci mrkání očí řidiče a porovnává ji se vzorci odpovídajícími únavě a spánku. Pro použití v noci je systém vybaven zdrojem infračerveného osvětlení.

V CZ užitém vzoru č. 3926 o názvu Signalizační zařízení útlumu řidiče motorového vozidla je popsáno technické řešení, které se týká snímače pohybu hřídele volantu při jízdě motorového vozidla a zapojení zjištěných stavů do signalizačního zařízení upozorňujícího řidiče na vznik útlumu jeho činnosti. Ve vozidle je umístěno signalizační zařízení s vizuální a akustickou informační soustavou. Řidič potvrzuje svoji připravenost na vnější impulzy kvitovacími prvky pohyby volantu, nožní spínač. Řidič je tak nucen k aktivní spolupráci se systémem.

Elektronické zařízení ZzzzAlert™; DrivAlert Inc., Indianapolis monitoruje pohyby hřídele volantu pomocí magnetického senzoru. Když tyto pohyby vymizí, systém detekuje pokles pozornosti řidiče a upozorní ho zvukovým signálem. Součástí zařízení je také obvod pro automatické uvedení do provozu při překročení určité nastavené rychlosti vozidla.

Veškerá tato zařízení mají základní nevýhodu v tom, že buď přímo ke své činnosti potřebují aktivní účast řidiče, nebo vyžadují před započatím jízdy instalaci přístrojů a senzorů na tělo řidiče.

Dále je známo řešení FR 2742706 u kterého se sleduje poloha plynového pedálu, okamžitá rychlost, rotace volantu. Jedná se o přímovazební systém. Jádrem detektoru je dvouvrstvá neuronová síť, popis jejíž speciální architektury tvoří 90 % přihlášky FR 2742706. Detekční mechanismus jednak srovnává aktuální stav s předem napevno daným etalonem a jednak si pro dosud nerozpoznané vzory vytváří další třídy.

Doba a způsob načítání výchozích signálů, které jsou zohledněny při detekci, probíhá ve 2 podobě jsoucích časových oknech s typickou délkou 1 min a 20 s. Algoritmus detekuje pomocí neuronové sítě jakékoliv signifikantní změny charakteru vektoru výchozích signálů, tedy i náhodné a nezpůsobené nástupem únavy.

Řešení podle FR 274270 neumožňuje predikci, tj. předvídání nástupu rizikového únavového stavu. Řešení podle FR 2742706 umožňuje pouze detekci a sledování dosavadního trendu únavy.

Z uvedených materiálů je zřejmé, že problematika vyhodnocování únavy řidiče během řízení vozidla je řešena celosvětově; praktické výstupy v podobě hromadně produkovaného zařízení v sériové výrobě automobilů však zatím neexistují. To svědčí o složitosti celé problematiky, umocněné jak nedostatečným výpočetním výkonem systémů zpracovávajících snímáný obraz v reálném čase, vedoucím k současné nepoužitelnosti všech kamerových systémů, tak i ke značným rozdílům mezi řidiči různého věku, pohlaví, momentální nálady, motivací apod., vedoucím k velice obtížnému, ne-li nemožnému, stanovení univerzálních parametrů, které by jednoznačně definovaly určitý stupeň únavy obecně. To vyžaduje individuální přístup nejen ke každému řidiči, ale i k jeho momentálním dispozicím, charakteru jízdy vozidla a dalším okamžitým parametřům okolního prostředí. Tuto situaci řeší samoučící se sekvenční automat s prvky umělé inteligence, podle tohoto vynálezu.

50 Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny způsobem detekce a signalizace únavy řidiče během řízení vozidla podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že se po dobu 5 až 25 minut snímá pohyb volantu a/nebo axiální a radiální zrychlení vozidla a/nebo teplota v kabině

a/nebo rychlost vozidla a/nebo osvětlení v kabině a/nebo hluk v kabině a/nebo otáčky motoru. Tyto výstupy se zpracovávají a vytváří se referenční soubor dat. Poté pokračuje snímání výstupů a jejich hodnoty se porovnávají s hodnotami z referenčního souboru dat a s hodnotami průběžně měřenými. V případě stoupajícího trendu aktuálně naměřených a standardních hodnot se generují signály pro řidiče.

K uvedenému způsobu slouží zařízení tvořené snímačem pohybu volantu a/nebo snímači axiálního a radiálního zrychlení vozidla a/nebo snímačem teploty v kabině a/nebo snímačem rychlosti vozidla a/nebo snímačem osvětlení v kabině a/nebo snímačem hluku v kabině a/nebo snímačem otáček motoru. Tyto snímače jsou připojeny k jednotce digitálního zpracování signálu DSP. K této DSP jednotce je připojeno signalizační zařízení. Signalizační zařízení je s výhodou tvořeno jednotkou akustické a/nebo světelné signalizace.

Podstata vynálezu se dá rozložit do dvou vzájemně souvisejících částí. První spočívá v samotném způsobu a konstrukci zařízení, které detekuje a signalizuje nástup zvýšené únavy řidiče během řízení vozidla a druhá spočívá ve způsobu zpracování měřených dat s využitím algoritmů umělé inteligence prostřednictvím samoučícího se sekvenčního automatu, který, na rozdíl od současného stavu techniky, umožňuje individuální přístup ke každému řidiči, jeho stylu jízdy a měnícím se parametrům okolního prostředí.

Vlastní zařízení se skládá ze snímacích čidel s příslušnými převodníky jako jsou měření pohybů volantu, teploty, osvětlení a hladiny hluku v kabině, axiálního a radiálního zrychlení vozidla, rychlosti vozidla a otáček motoru. Dále obsahuje jednotku zpracování signálu, která může obsahovat mikropočítač, mikroprocesor s periferními obvody, PC, či speciálně navrženou strukturu programovatelných logických polí a pamětí, sloužící ke krátkodobému i dlouhodobému uchovávání algoritmů, provozních dat i vyhodnocovaných stereotypů jízdy konkrétního řidiče. Signalizační jednotka upozorňuje řidiče na nástup zvýšené únavy a tím i zvýšeného rizika. Řidič pak může na tuto situaci reagovat zvýšením pozornosti či změnou režimu jízdy, například zastavením, zpomalením, přechodným snížením teploty v kabině, a podobně.

Druhá část spočívá ve způsobu zpracování naměřených dat. Experimentálně bylo zjištěno a ověřeno, že lze měřením výše uvedených veličin detekovat existenci trojí dynamiky únavy. Nejkratší cykly, tzv. epizody se opakují s periodou cca od 20 do 60 s, střednědobé cykly, opakující se s periodou cca 1525 min a dlouhodobé cykly, určující trend únavy, závislé na 24 hodinových a delších periodách vyplývajících z biologické podstaty člověka, jak ukazuje stoupající trend průběhu únavy G na obr. 2, směrem k vyšším standardním hodnotám. Momentální únavu podstatnou měrou ovlivňují střednědobé cykly, viz obr. 2, křivka průběhu únavy G. I odpočatý člověk se může během nejvyššího střednědobého útlumu jevit z hlediska momentální únavy jako relativně unavený, a člověk velice unavený se může jevit ve svém střednědobém maximu jako relativně málo unavený. Na tomto dosud nepublikovaném principu je založena druhá část vynálezu. Identifikací parametrů střednědobých únavových cyklů samoučícím se sekvenčním automatem informovat řidiče o skutečnosti, že má očekávat největší únavu a provést taková opatření, aby zabránil nebezpečné dopravní situaci či přímo dopravní nehodě. Ačkoliv to nebylo prokázáno, protože během experimentů se tento jev nevyskytl, lze předpokládat, že v době největšího střednědobého útlumu dochází k tzv. mikrospánkům, jejichž následky u řidičů dálkových autobusů či kamionů jsou téměř vždy více než katastrofální.

V přihlašováném řešení je použita, například oproti FR 2742706, jiná sada výchozích veličin, ve které se kromě technických signálů, jako jsou volant, zrychlení, otáčky, rychlost, vyskytují také environmentální parametry, jako je teplota, osvětlení a hluk v kabině, které umožňují mnohem preciznější a jemnější rozpoznání únavového stavu řidiče a berou v úvahu i na kvalitu prostředí v jízdní kabině. Tato má podle stávajících poznatků velmi podstatný vliv na chování řidiče a pro kvalitní detektor únavy není možné ji nezahrnout do výpočtu.

Přihlašované řešení umožňuje zpětnovazební interakci detektoru s řidičem, tj. řidič má možnost sdělit detektoru, typicky stiskem tlačítka, svůj závěr o správnosti detekce díky tomu lze v případě potřeby rozhodovací algoritmus vestavěného sekvenčního automatu průběžně dotrénovávat. Jádrem řešení je sekvenční učící se automat, který prochází několika vnitřními stavy - každý z těchto stavů odpovídá určitému stupni únavy. Stav s nejvyšší mírou příslušnosti určuje výsledný detekovaný stav. Přechodová pravidla sekvenčního automatu se automaticky modifikují na základě zpětné vazby od sledovaného řidiče. Detekce probíhá po dobu až několika desítek minut. Zachyceny jsou jak krátkodobé epizody jako u FR 2742706 v řádu minut, tak i střednědobé změny v řádu desítek minut. Důležitou skutečností je kvaziperiodická povaha střednědobých cyklů únavy a postupně pomalu narůstající trend jednotlivých ukazatelů únavy. Tyto vlastnosti se ukazují jako naprosto klíčové pro správnou detekci a zejména predikci únavového stavu.

Zařízení umí na základě vývoje odhadu úrovně ukazatelů únavy vzhledem ke kvaziperiodě střednědobého únavového cyklu (v řádu 15-25 minut) předvídat nebezpečný nástup únavy. Tuto možnost predikce rizikového stavu FR 2742706 zcela postrádá. Jedná se o naprosto klíčovou odlišnost, díky které přihlašované řešení umožňuje na základě vyvolaného alarmu přijmout preventivní opatření, nikoliv pouze upozornit na již nastalou krizovou situaci, jako je tomu například v případě FR 2742706.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude podrobněji popsán na konkrétním příkladu provedení s pomocí přiložených výkresů, kde na obr. 1 Je znázorněno příkladné blokové schéma zapojení a na obr. 2 je znázorněna křivka průběhu únavy.

Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 je znázorněn automobil 1 včetně řidiče a parametrů okolního prostředí. V prostoru automobilu 1 Jsou umístěny obvody 2 snímání parametrů automobilu 1 a okolního prostředí. Jako jsou snímače měření pohybů volantu, teploty, osvětlení a hladiny hluku v kabině, axiálního a radiálního zrychlení automobilu 1, rychlosti automobilu 1 a otáček motoru. Výstupy obvodů 2 snímání parametrů automobilu 1 Jsou připojeny k DSP Jednotce 3 skládající se ze zpracovávající jednotky 4 měřených signálů formou extrakce Jejich klíčových parametrů nesoucích informaci o únavových stavech řidiče a adaptivního samoučícího se klasifikátoru 5, tak zvaného sekvenčního automatu, sestávajícího ze dvou částí - části kombinačních algoritmů, zohledňující okamžité hodnoty sledovaných parametrů a části dynamických algoritmů zohledňující Jejich trendy. Po obvodové stránce Je DSP Jednotka 3 tvořena mikropočítačem - mikroprocesorem s periferními obvody, PC, či speciálně navrženou strukturou programovatelných logických polí a pamětí - kombinace RAM a ROM, EPROM, EEPROM, FLASH, HDD či DRAM, sloužící ke krátkodobému i dlouhodobému uchovávání algoritmů, provozních dat i vyhodnocovaných stereotypů Jízdy konkrétního řidiče. Ke klasifikátoru 5 Je připojeno signalizační zařízení 6, upozorňující na blížící se maximum únavy. Na obr. 2 Je uvedeno zobrazení epizod střednědobých únavových cyklů řidiče během řízení vozidla. Křivka únavy G představuje reálně naměřený a číselově zpracovaný průběh znázorňující střednědobý únavový cyklus po dobu 15 až 25 min. a rostoucí trend únavy řidiče během řízení vozidla.

Dále je popsáno konkrétní příkladné provedení tvořené kompaktním zařízením na vyhodnocování únavy řidiče během řízení automobilu 1. Toto zařízení je napájeno palubním napětím 12 (24) V a je opatřeno sériovým rozhraním pro připojení ke konfigurační jednotce či servisnímu PC.

Obvody 2 snímání parametrů automobilu 1 jsou tvořeny snímačem měření pohybů volantu představovaným lineárním magnetickým snímačem intenzity magnetického pole, snímačem teploty v

kabině automobilu 1 v podobě termistoru, snímačem osvětlení v kabině automobilu 1 tvořeným fotorezistorem, snímačem hladiny hluku v kabině automobilu a snímačem axiálního a radiálního zrychlení automobilu 1 tvořeným dvouosým akcelerometrem. Dále jsou obvody 2 doplněny běžnými snímači rychlosti automobilu 1 a otáček motoru. Všechny výše uvedené snímače obsahují kompletní analogovou část, umožňující jak úpravu zesílení, filtraci a převod signálu ze snímače na unifikovaný výstupní signál, tak i A/D převod.

Příkladné provedení lze ilustrovat na malém kompaktním zařízení na vyhodnocování únavy řidiče během řízení vozidla. Toto zařízení je napájeno palubním napětím 12 nebo 24 V a je opatřeno sériovým rozhraním pro připojení ke konfigurační jednotce či servisnímu PC.

Obvody 2 snímání parametrů jsou tvořeny jednotkou snímající pohyby volantu -lineární magnetický snímač intenzity magnetického pole, jednotkou snímající příčné a podélné zrychlení vozidla - dvouosý akcelerometr, jednotkou snímající teplotu v kabině vozidla - termistor a jednotkou snímající osvětlení v kabině vozidla - fototranzistor. Všechny výše uvedené jednotky obsahují kompletní analogovou část, umožňující jak úpravu zesílení, filtraci a převod signálu z čidla na unifikovaný výstupní signál, tak i A/D převod.

Jádrem DSP jednotky 3 je signálový procesor, který komunikuje s obvody 2 snímání parametrů a signalizačního zařízení 6 a vykonává vlastní algoritmy zpracování signálu. Operační paměť o velikosti 8 Mbit je tvořena osmi obvody SRAM, zálohování konstant pak umožňuje paměť EEPROM a bootování systému paměť EPROM.

Signalizační zařízení 6 je tvořeno jednotkou světelné signalizace tvořenou šesti LED diodami s proměnným řízením jasu, které interpretují pravděpodobnost a intenzitu únavy. Při dosažení kritické hodnoty je řidič navíc upozorněn akustickým signálem z piezoelementu, který je umístěn v kabině vozidla.

Průmyslová využitelnost

Vynález je průmyslově využitelný v masovém měřítku v automobilovém průmyslu a to zejména u vozů pravidelně se pohybujících po silnicích dálničního typu po dobu několika hodin. Snížení nehodovosti na těchto trasách povede jak ke snížení obětí automobilových nehod, tak i ke snížení nezanedbatelných materiálních škod, které patří při nehodách na dálnicích vždy k těm největším.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob detekce a signalizace únavy řidiče během řízení vozidla, **vyznačující se tím**, že se po dobu 5 až 25 minut snímá pohyb volantu a/nebo axiální a radiální zrychlení vozidla a/nebo teplota v kabině a/nebo rychlost vozidla a/nebo osvětlení v kabině a/nebo hluk v kabině a/nebo otáčky motoru, tyto výstupy se zpracovávají a vytváří se referenční soubor dat, poté pokračuje snímání aktuální hodnoty výstupů a jejich hodnoty se porovnávají s hodnotami z referenčního souboru dat, v případě stoupajícího trendu aktuálně naměřených a standardních hodnot se generují signály pro řidiče.

2. Zařízení k provádění způsobu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je tvořeno snímačem pohybu volantu a/nebo snímači axiálního a radiálního zrychlení vozidla a/nebo snímačem teploty v kabině a/nebo snímačem rychlosti vozidla a/nebo snímačem osvětlení v kabině

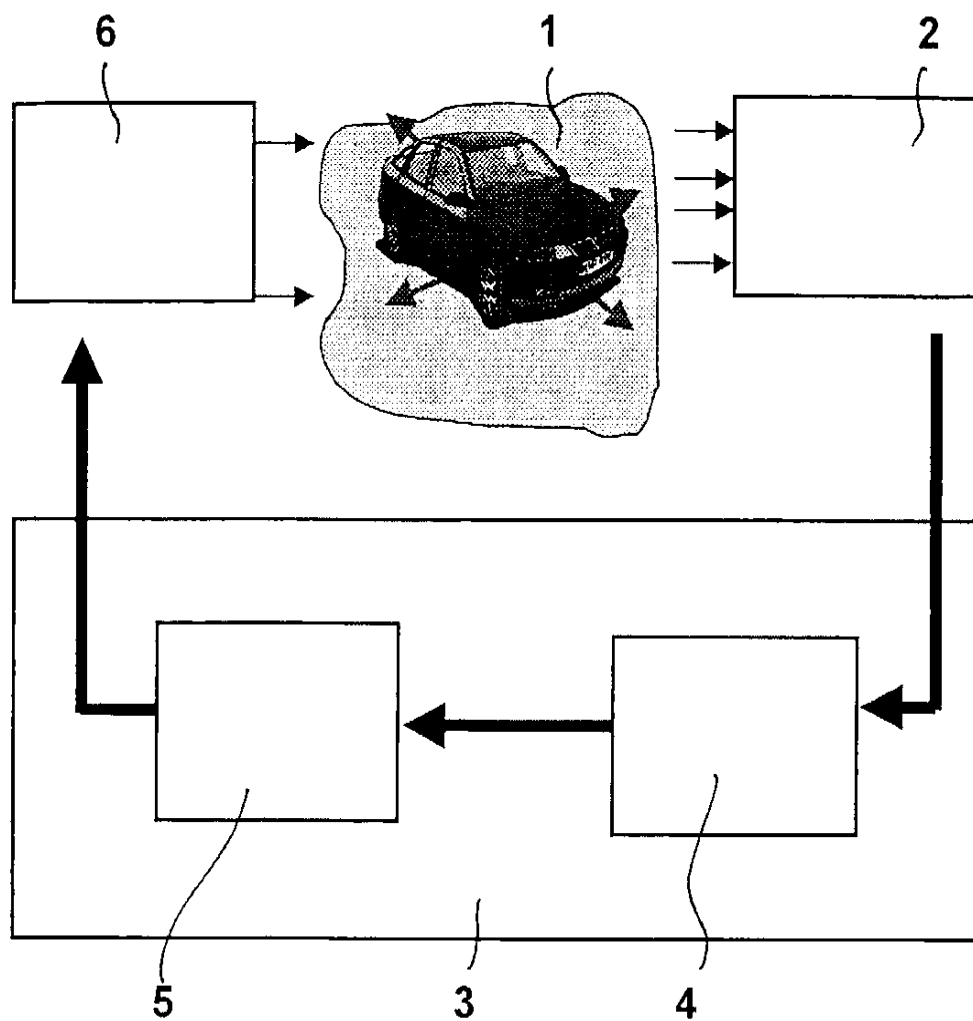
a/nebo snímačem hluku v kabině a/nebo snímačem otáček motoru, které jsou připojeny k DSP (digitální zpracování signálu) jednotce (3) tvořené signálovým procesorem realizujícím komunikaci s obvodem snímání jednotky (2), ke které je připojeno signalizační zařízení (6).

5 **3.** Zařízení podle nároku 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že signalizační zařízení (6) je tvořeno jednotkou světelné a/nebo akustické signalizace.

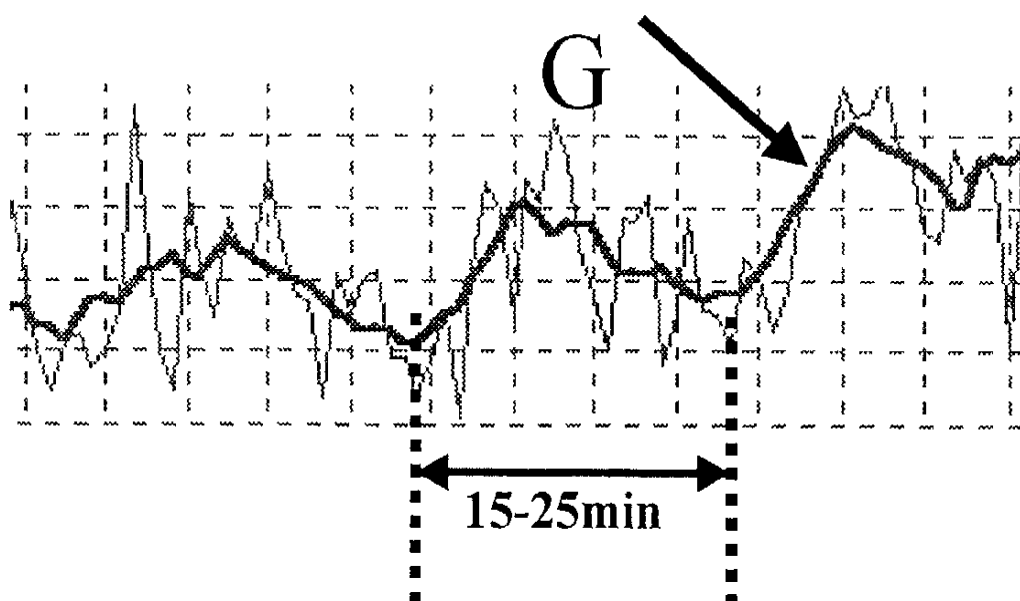
10 **4.** Zařízení k provádění způsobu podle kteréhokoli z výše uvedených nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je opatřeno tlačítkem pro potvrzení přijetí světelné a/nebo akustické signalizace.

15

1 výkres



Obr. 1



Obr. 2

Konec dokumentu