

‘Saya akui bahawa telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automatif)’

Tandatangan :

Nama Penyelia : En Fauzi Bin Ahmad

Tarikh :

SISTEM KAWALAN ADAPTIVE PID UNTUK KENDERAAN AUTONOMI
BERDASARKAN ANGGARAN GRED JALAN

MASKANA BIN MAMAT

Laporan ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

JUN 2012

“Saya mengakui bahawa laporan ini adalah hasil kerja saya sepenuhnya kecuali rumusan dan petikan yang telah saya nyatakan sumbernya”

Tandatangan :

Nama penulis : MASKANA BIN MAMAT

Tarikh : 30 MEI 2012

Didedikasikan

Kepada Ibu dan Bapa tercinta

Kepada Penyelia yang dihormati

Kepada Pensyarah

&

Kepada rakan-rakan

PENGHARGAAN

Pertama sekali saya ingin memanjatkan rasa syukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah dan kurnia dan pertolongan dariNya dapat saya menyiapkan laporan Projek Sarjana Muda saya ini.

Setinggi-tinggi penghargaan saya ucapkan buat En Fauzi Bin Ahmad di atas bimbingan yang berterusan kepada saya dalam memastikan saya terus focus pada Projek Sarjana Muda saya ini. Jutaan terima kasih juga saya ucapkan kepada Vimal Rau, En Faizul Akmar dan juga kepada saudara Rahman diatas segala tunjuk ajar dan bantuan serta cadangan yang diberikan kepada saya untuk menyiapkan projek saya ini.

Seterusnya saya juga ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan saya Mohd Syamil, Khairunnisa dan juga Wan Elena Nadia kerana telah serba sedikit membantu saya dalam projek saya ini.

Ucapan terima kasih ini juga saya tujukan kepada saudara Muhammad Ammin Dzulkifli, Muhammad Azri Abdullah dan Mohd Hafiz Fakhrurazi di atas sokongan yang diberikan ketika waktu sukar.

Yang paling utama ialah sekalung tinggi penghargaan buat keluarga tersayang diatas segala pengorbanan yang telah diberikan kepada saya dalam membantu saya menyiapkan projek ini meski dari segi bantuan kewangan mahupun dorongan yang diberikan.

ABSTRAK

Tesis ini menerangkan tentang sistem kawalan dalam kenderaan yang mengawal kelajuan kenderaan mengikut anggaran gred jalan yang dilalui oleh kenderaan. Model sistem kawalan ini dibina didalam Simulasi Matlab yang akan mengawal sistem dinamik kenderaan didalam menentukan halaju yang bersesuaian mengikut perubahan gred jalan. Sistem kawalan yang berasaskan sistem kawalan PID digunakan dan disesuaikan dalam mengawal sistem kawalan enjin dan juga kotak gear kenderaan untuk mendapatkan kelajuan yang bersesuaian mengikut perubahan gred jalan ataupun kecerunan jalan. Dalam sistem kawalan PID, K_p , K_i , dan K_d kemudiannya di *tune* untuk mendapatkan kelajuan yang terkawal dan hampir ataupun sama dengan kelajuan yang dikehendaki iaitu kelajuan awal yang ditetapkan pada kenderaan ACC. Perisian CarSim digunakan pada awal kajian dalam memastikan model penuh kenderaan adalah betul dan boleh diguna pakai dan berfungsi seperti sebuah kereta di dunia luar. Kajian ini adalah berdasarkan simulasi kenderaan dan juga simulasi sistem kawalan dan sepenuhnya menggunakan perisian Matlab.

ABSTRACT

This thesis describes the in-vehicle control system that controls vehicle speed, road grade estimated travelled by the vehicle. Control system model is built in Matlab simulation of dynamic systems that will control the vehicle in determining the appropriate speed according to changes in road grade. Control system based on PID control system is used and adapted in the control of the engine control system and vehicle gear box for the appropriate speed according to changes in road grade or slope of the road. In PID control system, K_p , K_i , and K_d then had been tune for controlled to achieve speed which is close or equal to the desired speed which is set at an initial speed of the ACC vehicle. CarSim software used in early studies to ensure the full vehicle model is correct and can be applied and functioned like a car in the outside world. This study is based on vehicle simulation and full simulation and control system using Matlab software.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKASURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	v
	PENGHARGAAN	vi
	ABSTRAK	vii
	ABSTRACT	viii
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI JADUAL	xiv
	SENARAI LAMPIRAN	xv
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Penyataan masalah	4
	1.3 Objektif Kajian	5
	1.4 Skop Kajian	5
	1.5 Susunatur Projek	6
BAB 2	KAJIAN ILMIAH	7
	2.1 Pengenalan	7
	2.2 Kajian Terdahulu	8
	2.3 Kaedah Kajian Terdahulu	8
	2.4 Fungsi Linear Piecewise	11
	2.5 Data Fusion	12
	2.6 Sistem Kawalan	14
	2.6.1 Sistem Kawalan PID	14

BAB 3	KAEDAH KAJIAN	16
3.1	Pengenalan	16
3.2	Carta Alir PSM	17
	3.2.1 Carta Alir PSM I	17
	3.2.2 Carta Alir PSM II	18
3.3	Model Blok	19
	3.3.1 Model Daya Tarikan Dua Roda	19
	3.3.2 Rajah Sistem Blok	20
	3.3.3 Persamaan Gerakan	20
	3.3.4 Beban Taburan Kenderaan	21
	3.3.5 Daya Seret	22
	3.3.6 Persamaan Dinamik Roda	23
	3.3.7 Model Rangkaian Kuasa	25
	3.3.8 Model Sistem Brek	26
	3.3.9 Model Tayar	26
	3.3.10 Model Penuh Kenderaan	28
3.4	Pengesahan Model Kenderaan	29
3.5	Keputusan Ujian Pengesahan	31
3.6	Sistem Kawalan	34
	3.6.1 Kaedah Kawalan	35
BAB 4	HASIL KAJIAN DAN ANALISIS	40
4.1	Pengenalan	40
4.2	Hasil Ujian Sistem Kawalan	41
4.3	Perbincangan	49
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Cadangan	51

Rujukan	52
Lampiran A	55
Lampiran B	82

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 1.1	Susunatur Projek	6
Rajah 2.1	Rekaan awal Sensor Gred Jalan.(Gaeke,E,G., 1971)	9
Rajah 2.2	Graf Gajian Gred Jalan. (Edwards G.Gaeke., 1971)	10
Rajah 2.3	Profile Gred Jalan (Per Salhom, Ather Gattami, Karl Henrik Johanson.,2011)	12
Rajah 2.4	Graf Anggaran Gred.(Per Salhom, Ermin Kozica, Karl Henrik Johanson.,2010)	13
Rajah 3.1	Skema model daya tarikan dua roda(Michael Short.,2004)	19
Rajah 3.2	Sistem Blok (Michael Short.,2004)	20
Rajah 3.3	Model Dinamik Kenderaan	22
Rajah 3.4	Model Dinamik Roda hadapan dan belakang	23
Rajah 3.5	Struktur dalam Model Dinamik Roda bahagian hadapan	24
Rajah 3.6	Struktur dalam Model Dinamik Roda bahagian belakang	24
Rajah 3.7	Struktur Model Rangkaian Kuasa	25
Rajah 3.8	Struktur Model Sistem Brek	26
Rajah 3.9	Struktur Model Tayar	27
Rajah 3.10	Struktur Model Tayar bahagian hadapan	27
Rajah 3.11	Struktur Model Tayar bahagian belakang	27
Rajah 3.12	Struktur Model Penuh Kenderaan	28
Rajah 3.13	Ujian Pengesahan dengan Perisian CarSim	29
Rajah 3.14	Animasi Ujian Pengesahan	30
Rajah 3.15	Graf Perbezaan Halaju melawan Masa	31
Rajah 3.16	Graf Perbezaan Slip untuk Tayar Hadapan Bahagian Kiri Kenderaan	32
Rajah 3.17	Graf Perbezaan Slip untuk Tayar Hadapan Bahagian Kanan Kenderaan	32
Rajah 3.18	Graf Perbezaan Slip untuk Tayar Belakang Bahagian Kiri Kenderaan	33
Rajah 3.19	Graf Perbezaan Slip untuk Tayar Belakang Bahagian Kanan Kenderaan	33
Rajah 3.20	Struktur Sistem Kawalan Gred Jalan	35

Rajah 3.21	Blok Fungsi Sistem Kawalan PID	36
Rajah 3.22	Sistem Kawalan PID	37
Rajah 3.23	Sistem Kawalan Adaptive PID Kawalan Sistem Pendikit	38
Rajah 3.24	Sistem Kawalan Adaptive PID Kawalan Sistem Brek	39
Rajah 4.1	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk pendakian 5°	41
Rajah 4.2	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk pendakian 10°	42
Rajah 4.3	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk pendakian 15°	42
Rajah 4.4	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk pendakian 20°	43
Rajah 4.5	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk pendakian 25°	43
Rajah 4.6	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk pendakian 30°	44
Rajah 4.7	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk penurunan 5°	45
Rajah 4.8	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk penurunan 10°	45
Rajah 4.9	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk penurunan 15°	46
Rajah 4.10	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk penurunan 20°	46
Rajah 4.11	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk penurunan 25°	47
Rajah 4.12	Graf Ujian Kelajuan Kenderaan ACC untuk penurunan 30°	47

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
Jadual 3.1	Data Kawalan PID untuk 6 kes pendakian cerun (kawalan sistem pendikit)	36
Jadual 3.2	Data Kawalan PID untuk 6 kes menuruni cerun (kawalan sistem brek)	37

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	MUKA SURAT
A	54
B	81

BAB 1

Pengenalan

1.1 Pendahuluan

Dalam kawalan kenderaan, banyak keputusan kawalan boleh diperbaiki jika parameter kenderaan yang tidak diketahui seperti jisim kenderaan, pekali rintangan rolling, pekali seretan dan gangguan luaran seperti gred jalan boleh dianggarkan. Gred jalan adalah sumber utama beban luaran untuk kenderaan dan biasanya tidak diketahui. Pengawal brek anti-kunci (ABS) bergantung kepada anggaran gred jalan untuk mengira kelajuan pelayaran kenderaan yang diperlukan untuk anggaran gelinciran roda. Unit kawalan enjin (ECU) juga boleh menggunakan anggaran yang tepat daripada gred jalan untuk menganggarkan daya kilas enjin yang boleh mengurangkan keperluan untuk in-line torque meter. Dalam kawalan membujur bagi kenderaan automatik, pengetahuan tentang gred jalan adalah perlu untuk mengelakkan kenderaan mengeluarkan pecutan yang tidak mampu dicapai.

Gred jalan atau dikenali juga sebagai cerun, cenderung, kecerunan, padang atau kenaikan bentuk muka bumi dari segi ciri fizikal, topografi atau unsur yang dibina, merujuk kepada jumlah kecondongan permukaan yang mendatar bagi sesuatu jalan. Gred atau cerun adalah digunakan untuk mengukur ciri-ciri fizikal yang sedia ada seperti lereng bukit dan sungai, atau dalam mereka bentuk dan kejuruteraan elemen-elemen baru untuk pembinaan seperti taraf jalan-jalan, landskap dan taman, landasan kereta api, dan laluan pejalan kaki bagi golongan kurang upaya.

Bagi kegunaan automotif, anggaran gred jalan ataupun kecerunan jalan adalah perlu untuk mendapatkan tahap pendakian dan penurunan yang sesuai bagi mengawal sistem enjin dan juga sistem kotak gear sesebuah kenderaan. Ini adalah kerana pengetahuan tentang gred jalan pada waktu semasa dan akan datang boleh digunakan di dalam enjin dan sistem kawalan kotak gear untuk membantu memenuhi permintaan kuasa secara serta-merta di samping dapat memastikan pengurangan penggunaan bahan api dan kesan alam sekitar yang serendah mungkin.

Sistem kawalan enjin dan juga kotak gear kenderaan berdasarkan gred jalan telahpun diguna pakai dalam kenderaan berat yang membawa muatan tetapi sistem ini masih belum lagi digunapakai bagi kenderaan biasa seperti kenderaan penumpang dan juga kenderaan biasa. Pada kebiasaannya, kenderaan akan menambahkan kelajuan apabila pergi ke satu bukit dan kelajuan akan berkurangan semasa mendaki bukit yang lain. Jika gred jalan untuk kilometer seterusnya atau secara langsung di hadapan kenderaan dapat diketahui, ia boleh menyesuaikan kelajuan secara automatik terlebih dahulu mengikut bahagian jalan ketika mendaki atau menuruni bukit dan dengan itu dapat menjimatkan bahan api.

Maklumat gred jalan yang terdahulu juga boleh digunakan dalam menentukan peralihan gear yang perlu dilakukan. Tambahan pula, sistem pengurusan brek boleh menggunakan maklumat gred jalan untuk menentukan kelajuan tertinggi yang

dibenarkan semasa menuruni bukit. Oleh itu ia boleh mengelakkan pelepasan sisa penjanaan haba yang melebihi keupayaan sistem. Ini secara tidak langsung akan memastikan bahawa kenderaan mengekalkan kuasa berhenti kecemasan dan juga faedah keselamatan yang jelas.

Pengetahuan topografi jalan raya yang akan dilalui boleh digunakan dalam sistem kawalan automatik kelajuan kenderaan untuk mengoptimumkan profil kelajuan untuk mengelakkan penggunaan brek yang tidak perlu dan penukaran gear yang tidak sepatutnya. Sistem ini boleh menyimpan sejumlah besar tenaga, terutamanya apabila brek diperlukan untuk mengelakkan halaju yang melampau. Prasyaratnya adalah maklumat gred jalan yang tepat dapat diperolehi di dalam kenderaan. Kenderaan kebiasaannya memacu laluan yang sama dengan kerap, ini dapat menganggarkan maklumat gred jalan yang diperlukan di dalam kenderaan yang boleh menjadi satu pilihan yang menarik sebagai sumber luaran bagi data gred jalan. Walaupun tiada kawalan kelajuan yang optimum boleh dilakukan pada pemanduan yang pertama ke atas jalan-jalan yang tidak diketahui, sistem lengkap anggaran gred jalan mungkin dapat mengingatkan maklumat mengenai gred jalan yang dianggarkan ketika melalui di atas jalan yang sama.

1.2 Penyataan Masalah

Masalah yang dikaji dalam tesis ini adalah cara untuk mengawal sesebuah kereta Autonomous Control Car (ACC) yang mengalami perubahan kelajuan ketika melalui jalan yang berbeza gred. Apabila kereta ACC ini melalui kawasan jalan yang memerlukan pendakian, kelajuan kereta ACC ini akan berkurangan dengan sendiri dan seterusnya akan membebankan sistem kawalan enjin untuk mendapatkan kelajuan yang sempurna untuk pendakian dan juga menyebabkan penggunaan minyak yang berlebihan. Manakala ketika menuruni bukit kelajuan kereta ACC ini akan bertambah yang mana akan berkemungkinan mendatangkan bahaya kepada pemandu dan juga penumpang di dalam kereta tersebut dan menyebabkan penggunaan brek yang tidak sepatutnya. Kajian mendapati penggunaan minyak adalah tinggi ketika menuruni bukit jika penggunaan brek adalah tinggi. Justeru itu satu sistem kawalan bagi mengawal sistem pendikit dan juga sistem brek berdasarkan gred jalan yang akan dilalui oleh kereta ACC diusulkan sepertimana dalam tesis ini untuk mengawal sistem kawalan enjin dan juga sistem kawalan kotak gear bagi kereta ACC bagi mendapatkan halaju yang bersesuaian ketika mendaki dan menuruni bukit tanpa membebankan sistem enjin kereta tersebut dan meminimumkan penggunaan minyak.

1.3 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah:

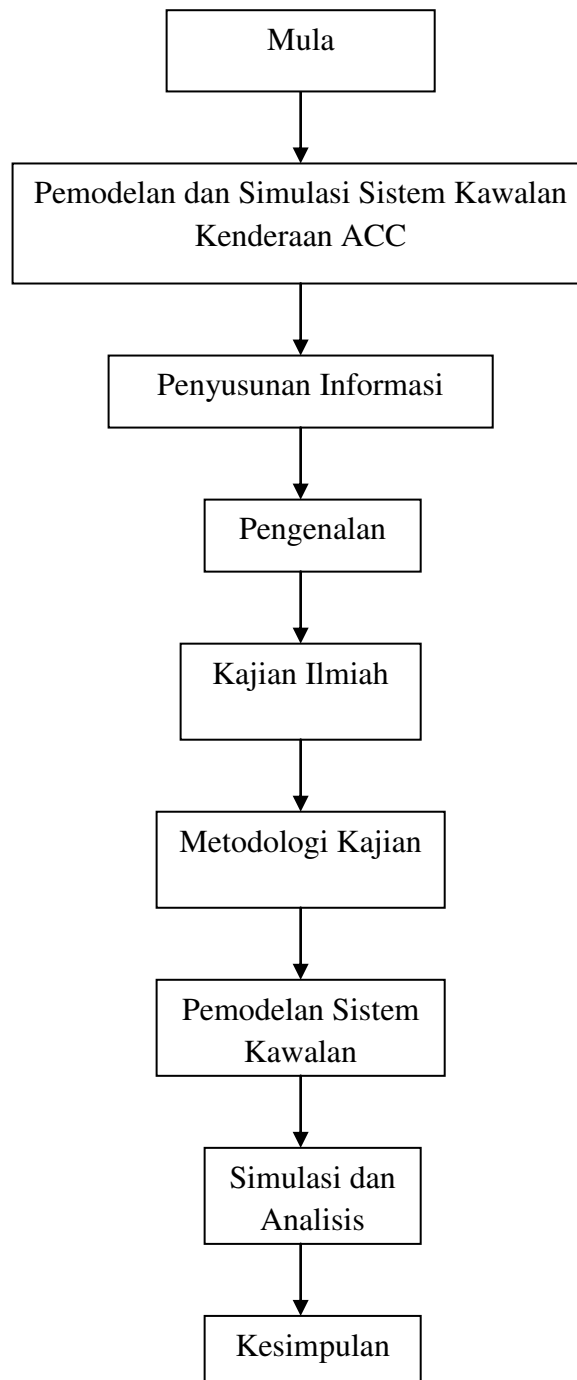
- i. Untuk membina satu model sistem kawalan kenderaan di dalam Matlab Simulink bagi mengelakkan gangguan gred jalan terhadap kenderaan ACC.
- ii. Untuk mengesahkan model kenderaan dan sistem kawalan yang dibina menggunakan Perisian Simulasi Matlab dengan Perisian CarSim.
- iii. Untuk mengekalkan kelajuan kenderaan ACC apabila bergerak di jalan raya dengan gred jalan yang berbeza mengikut kelajuan yang dikehendaki.

1.4 Skop Kajian

Skop projek ini adalah:

- i. Pemodelan sistem anggaran gred jalan dengan menggunakan Matlab Simulink
- ii. Pengesahan model sistem kawalan dengan perisian CarSim.

1.5 Susunatur Projek



Rajah 1.1: Susunatur Projek

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Banyak artikel yang telah diterbitkan bercakap tentang perjalanan dan pengendalian kenderaan. Pemodelan dan simulasi dinamik kenderaan telah menjadi bidang yang sangat penting dalam penyelidikan kenderaan dalam tahun ke tahun kebelakangan ini. Pelbagai kertas kerja telah disediakan, memperincikan secara detail pelbagai model kenderaan seperti 1D, 2D dan juga 3D. Kebanyakan artikel yang dikeluarkan membincangkan tentang sistem kawalan kenderaan berdasarkan gred jalan yang telah dianggarkan. Mereka menggunakan pelbagai kaedah untuk mendapatkan gred jalan bagi mengawal sistem enjin dan juga kotak gear kenderaan. Kajian yang dilakukan kemudiannya diperbaharui bagi mendapatkan data dan juga graf yang lebih tepat. Kesemua kajian yang telah dijalankan adalah berdasarkan kenderaan muatan berat, HDV.

2.2 Kajian Terdahulu

Jumlah berat yang besar bagi kenderaan berat (HDV) membuatkan ia sangat sensitif kepada daya graviti di kawasan berbukit. Semasa pendakian kenderaan ini mengalami kehilangan kelajuan, dan ketika menuruni bukit keperluan sistem brek digunakan untuk mengelakkan terjadinya overspeeding. Jika gred jalan di hadapan dapat ditafsirkan ia boleh digunakan sebagai input kepada sistem kawalan yang boleh menyesuaikan kelajuan kenderaan untuk mencapai peningkatan kecekapan tenaga. Kecekapan tenaga dalam sistem on-board yang lain juga boleh diperbaiki. Contohnya strategi penukaran gear dan penjadualan unit tambahan kitaran tugas boleh dilaraskan. Oleh itu, gred jalan membujur adalah satu sifat yang penting untuk mencapai kecekapan tenaga kawalan HDV. Pengetahuan tentang gred jalan raya boleh datang daripada pelbagai sumber, tetapi satu pilihan yang menarik akan menganggarkan gred jalan raya yang menggunakan sensor sudah biasa di pasang di dalam pengeluaran kenderaan. (Sahlholm, P. and Johansson, K.H., 2010)

Grade jalan sesetengahnya dapat difahami melalui peta bentuk muka bumi jalan yang akan dilalui oleh kenderaan yang memainkan peranan yang penting sebelum sesuatu perjalanan bermula. Perjalanan kenderaan yang telah melalui jalan yang bergred yang berbeza ini direkodkan didalam sensor yang dipasang di dalam kenderaan dan kemudian data daripada sensor itu akan dimasukkan kedalam peta di dalam sistem GPS. (Schroedl., 2004)

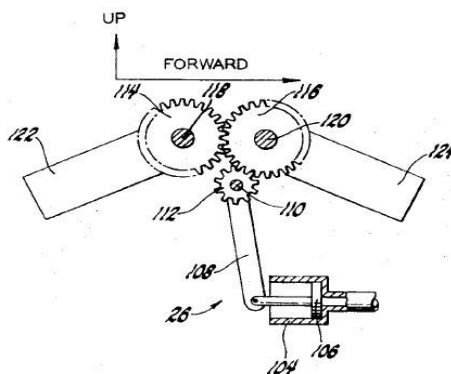
2.3 Kaedah Kajian Terdahulu

Kebanyakan kajian terdahulu yang telah dilakukan menggunakan kaedah penggunaan GPS sebagai alat untuk mendapatkan bacaan gred jalan. Dua GPS dipasang di dalam kenderaan berat ini salah satunya di pasang di hadapan dan satu lagi di pasang di bahagian belakang kenderaan. Mengikut kajian Bae pada tahun 2001 grade jalan dapat ditentukan daripada sistem penerima GPS dengan mengira

kadar antara halaju menegak kenderaan dan halaju mendatar. Akan tetapi sistem GPS ini memerlukan liputan satelit yang baik untuk mendapatkan anggaran yang tepat. Ini menjadi masalah apabila kenderaan ini melalui kawasan yang mempunyai pokok, bangunan terowong dan juga apa sahaja objek yang besar yang boleh menghalang liputan satelit tersebut dan sistem ini tidak dapat menentukan gred jalan yang lebih tepat.

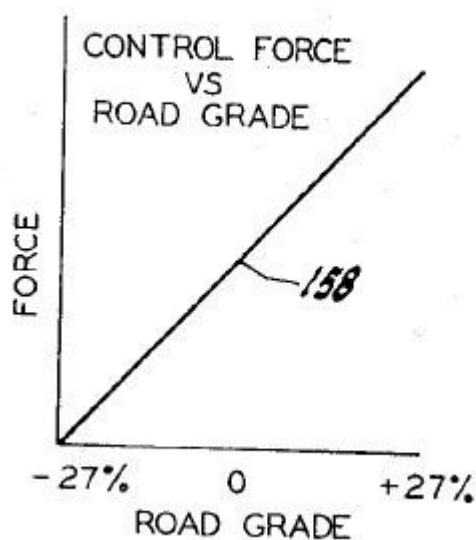
Terdapat juga kaedah yang lain yang turut digunakan dalam mendapatkan bacaan gred jalan seperti melalui kaedah maklumat secara terus dari sensor. Kaedah ini hanya boleh digunapakai sekiranya gred jalan telah dianggarkan melalui kaedah Kalman-filter berdasarkan daya lancar, anggaran daya pembantuan, dan juga halaju yang telah dikira.(Lingman and Schmidtbauer., 2001)

Pada tahun 2005, Vahidi telah memperkenalkan kaedah yang hamper sama dengan Kalman-filter dimana gred jalan dianggarkan dengan menggunakan kaedah Recursive Least Squares berdasarkan satu model pergerakan yang mudah. Kaedah ini mempunyai kelebihan yang tersendiri dimana tiada sensor tambahan diperlukan dalam menganggar gred jalan. Walau bagaimanapun, kadang-kala ada masa tertentu kedua-dua kaedah ini gagal atau mempunyai masalah utama dalam menyampaikan anggaran yang boleh diyakini seperti ketika geseran brek berlaku dan juga ketika penukaran gear.



Rajah 2.1: Rekaan awal Sensor Gred Jalan.(Gaeke,E,G., 1971)

Pada hakikatnya, kajian tentang gred jalan bermula pada tahun 1971 iaitu dengan penciptaan sensor yang diguna pakai untuk mendapatkan bacaan gred jalan. Kajian ini telah dijalankan oleh Edward G.Gaeke daripada Ohio, Amerika Syarikat. Sensor yang diciptakan ini digunakan dalam mengawal sistem brake tayar kenderaan berdasarkan gred jalan. Sensor ini hanya mampu untuk membaca gred jalan ketika menuruni bukit sahaja. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Edward G. Gaeke ini, sistem brake anti-locked dicipta. Rajah 2.1 diatas menunjukkan lakaran awal sensor yang digunakan dalam mendapatkan bacaan gred jalan dan hasil yang diperolehi diplot didalam bentuk graf seperti dibawah.



Rajah 2.2: Graf Kajian Gred Jalan.(Gaeke,E,G., 1971)

Graf menunjukkan hubungan diantara deretan gred jalan yang dijangkan dan isyarat output gred jalan yang dihasilkan sensor grade jalan dan ditunjukkan sebagai daya.