



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vývoj softwarového modelu tříkolového naklápněného vozidla

Ing. Jan Vavřík

2012

Přednáška v rámci projektu CZ.1.07/2.3.00/09.0086
Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel

Tento projekt je spolufinancován
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

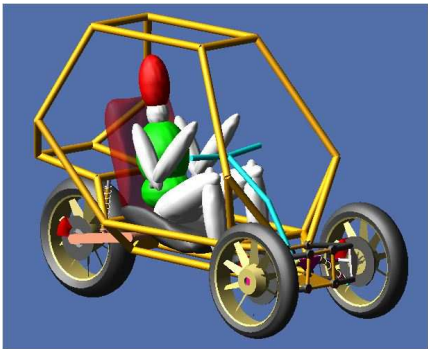


Obsah

1. Základní informace o použitém software
2. Filozofie práce
3. Databáze
4. Popis jednotlivých šablon
5. Vytvoření subsystémů
6. Sestavené vozidlo
7. První simulace
8. Použitá literatura



Softwarový model TTW Vozidla





MSC.Adams

- Světově nejrozšířenější software pro dynamické a pohybové analýzy
- S více jak 25 letou implementovanou technologií výpočtu
- MSC.Adams/Car
 - Jeden ze specifických produktů
 - Pro analýzu vozidel složených ze základních subsystémů
 - Jednoduchá změna subsystému ze strukturované databáze





VI-grade

- VI-grade vyvíjí a poskytuje simulační software zakládající na MSC.Adams pro různá specifická použití
- VI-SportsCar, VI-CarRealTime, VI-Drivesim, VI-Motorcycle, VI-Rail, VI-Aircraft, ...
- VI-Motorcycle
 - Pro vývoj relevantních softwarových modelů motocyklů
 - Primárně určené pro naklápeňná jednostopá vozidla
 - Rozhraní k Matlab Simulink pro propojení s řídicím systémem
 - Jednoduché definování tratě pomocí VI-Road



Plzeň 2012

5

MSC.Adams

- Pro vytvoření modelu v Adams/Car je třeba projít třemi úrovněmi
 - 1) Template
 - Definování základní topologie (vytvoření základních dílů a spojení mezi nimi)
 - 2) Subsystem
 - Mechanický model vytvořený na základě Template
 - Přidání nebo upravení základních parametrů Template (police, velikost částí, tuhost pružiny)
 - Přiřazení základní funkce pro Subsystem
 - 3) Assemble
 - Výčet Subsystems, z kterých se skládá vytvořený model



Plzeň 2012

6

Full-Vehicle Assembly

- Front Suspension Subsystem
- Rear Suspension Subsystem
- Rider Subsystem
- Front Wheel Subsystem
- Rear Wheel Subsystem
- Body Subsystem
- Powertrain Subsystem
- Brake Subsystem
- Other Subsystem



Plzeň 2012

7

Database

- Vytvořena nová pracovní databáze: TTW_vehicle.cdb
- Označena jako výchozí pracovní, pro zápis

actuation_inputs.tbl	driver_knowledge.tbl	req2rpc_maps.tbl
aero_forces.tbl	driver_loadcases.tbl	roads.tbl
airsprings.tbl	driver_roads.tbl	shell_graphics.tbl
assemblies.tbl	flex_bodys.tbl	springs.tbl
bumpstops.tbl	gear_elements.tbl	steering_assists.tbl
bushings.tbl	gear_stiffness.tbl	subsystems.tbl
dampers.tbl	human_rider.tbl	suspension_curves.tbl
differentials.tbl	loadcases.tbl	templates.tbl
driver_controls.tbl	plot_configs.tbl	tires.tbl
driver_data.tbl	powertrains.tbl	vibr_models.tbl
driver_inputs.tbl	reboundstops.tbl	wheel_envelopes.tbl



Plzeň 2012

8

Template Builder

- Vytvoření Template
 - Určení jména a Major Role (suspension, wheel, body, ...)
- Definování Hardpoints
 - Určení základních bodů šablony
- Vytvoření základních částí
 - Vytvoření General Parts a definování jejich geometrie a parametrů
- Vytvoření a definování spojení mezi díly
 - Attachments → Joint x Bushing
- Definování Communicators
 - Propojení subsystems
 - Output x Input Communicator



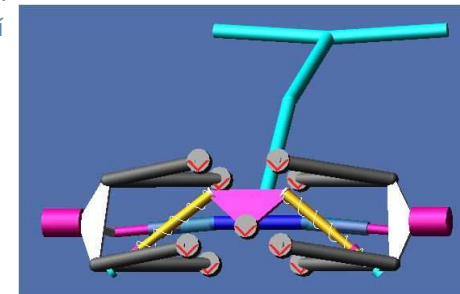
Plzeň 2012

9

Front_Suspension_Template

- Zavěšení předních kol
- Uložení předních kol
- Odpružení
- Naklápění
- Řízení

Template name:
_suspension_front_17
Major Role:
suspension

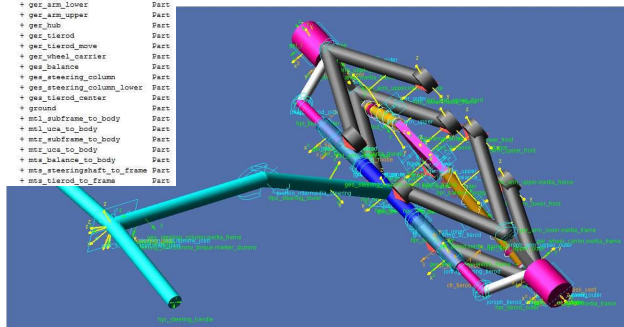


Plzeň 2012

10

Front_Suspension_Template

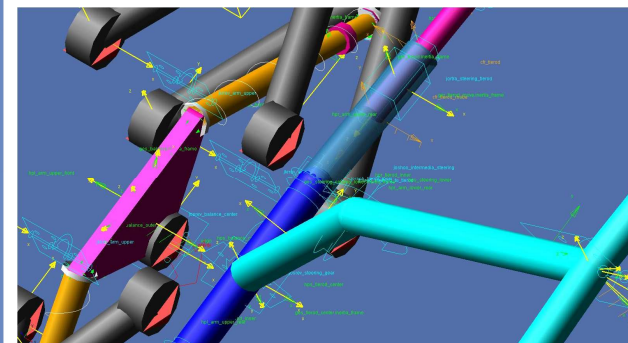
Model	Part
+ qm1_arm_lower	Part
+ qm1_arm_upper	Part
+ qm1_hub	Part
+ qm1_tierod	Part
+ qm1_tierod_lower	Part
+ qm1_wheel_carriage	Part
+ qm1_arm_lower	Part
+ qm1_arm_upper	Part
+ qm1_hub	Part
+ qm1_tierod	Part
+ qm1_tierod_lower	Part
+ qm1_wheel_carriage	Part
+ qm1_bushing	Part
+ qm1_steering_column	Part
+ qm1_steering_column_lower	Part
+ qm1_tierod_upper	Part
+ ground	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part
+ m11_subframe_to_body	Part



Plzeň 2012

11

Front_Suspension_Template



Plzeň 2012

12

Front_Suspension_Template

Communicators

Communicator Name:	Entity Class:	From Minor Role:	Matching Name:
ci[17]_front_tire_radius	parameter_real	front	tire_radius
ci[17]_subframe_to_body	mount	inherit	subframe_to_body
ci[17]_tire_force	force	inherit	tire_force
ci[17]_uca_to_body	mount	inherit	front_susp_to_frame, uca_to_body
ci[17]_balance_to_body	mount	inherit	susp_to_frame, balance_to_body
ci[17]_driving_torque	solver_variable	any	driving_torque
ci[17]_locking_torque_damping	solver_variable	front	locking_torque_damping
ci[17]_locking_torque_stiffness	solver_variable	any	locking_torque_stiffness
ci[17]_simulation_type	parameter_integer	any	simulation_type
ci[17]_steeringshaft_to_frame	mount	inherit	susp_to_frame, steeringshaft_to_frame
ci[17]_tiedrod_to_frame	mount	inherit	susp_to_frame, tiedrod_to_frame

15 input communicators were found in 'suspension_front_17'

Listing of output communicators in 'suspension_front_17'

Communicator Name:	Entity Class:	To Minor Role:	Matching Name:
co[17]_brake_disk_loc	location	inherit	brake_disk_loc
co[17]_brake_disk_ori	orientation	inherit	brake_disk_ori
co[17]_caliper_to_susp	mount	inherit	caliper_to_susp
co[17]_camber_angle	parameter_real	inherit	camber_angle
co[17]_gyro_loc	location	inherit	gyro_loc
co[17]_rod_tire_ref_location	location	any	rod_tire_ref_location
co[17]_suspension_mount	mount	inherit	suspension_mount
co[17]_toe_angle	parameter_real	inherit	toe_angle
co[17]_wheel_center	location	inherit	wheel_center
co[17]_steering_joint_1	joint_for_motion	inherit	steering_joint
co[17]_steering_joint_1_marker_1	marker	inherit	steering_joint_1_marker
co[17]_steering_joint_1_marker_2	marker	inherit	steering_joint_2_marker
co[17]_upright_accelerometer_location	location	inherit	upright_accelerometer_location

22 output communicators were found in 'suspension_front_17'

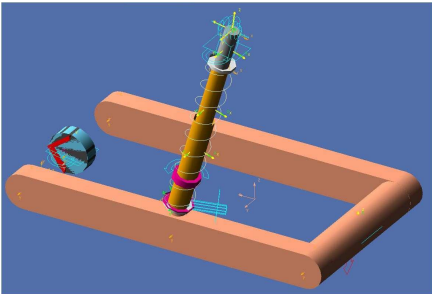
Pižeň 2012

13

Rear_Suspension_Template

- Zavěšení zadního kol
- Uložení zadního kol
- Odpružení

Template name:
_suspension_rear_06
Major Role:
suspension



Pižeň 2012

14

Rear_Suspension_Template

Communicators

Listing of input communicators in 'suspension_rear_06'

Communicator Name:	Entity Class:	From Minor Role:	Matching Name:
ci[17]_rear_cushion_to_frame	mount	inherit	rear_cushion_to_frame, susp_to_frame
ci[17]_rear_tire_radius	parameter_real	rear	tire_radius
ci[17]_simulation_type	parameter_integer	any	simulation_type
ci[17]_rod_tire_ref_location	location	any	rod_tire_ref_location
ci[17]_springing_to_frame	mount	inherit	springing_to_frame, susp_to_frame
ci[17]_tire_force	force	inherit	tire_force

6 input communicators were found in 'suspension_rear_06'

Listing of output communicators in 'suspension_rear_06'

Communicator Name:	Entity Class:	To Minor Role:	Matching Name:
co[17]_brake_disk_loc	location	inherit	brake_disk_loc
co[17]_brake_disk_ori	orientation	inherit	brake_disk_ori
co[17]_caliper_to_suspension	mount	inherit	caliper_to_susp
co[17]_chain_output	joint_for_motion	inherit	chain_output
co[17]_driven_spr_to_spindle	mount	inherit	driven_spr_to_spindle
co[17]_gyro_loc	location	inherit	gyro_loc
co[17]_report_array_single	array	inherit	report_array
co[17]_suspension_mount	mount	inherit	suspension_mount
co[17]_suspension_upright	mount	rear	suspension_upright
co[17]_springing	mount	inherit	springing
co[17]_springing_pivot_loc	location	inherit	springing_pivot_loc
co[17]_springing_pivot_ori	orientation	inherit	springing_pivot_ori
co[17]_upright_accelerometer_location	location	rear	upright_accelerometer_location
co[17]_wheel_center	location	inherit	wheel_center

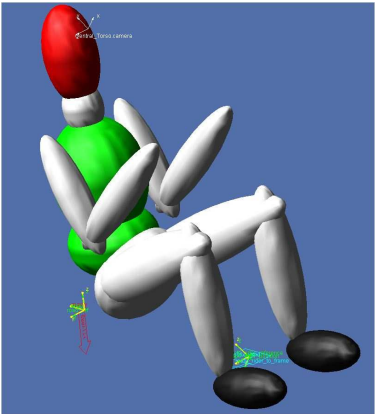
15 output communicators were found in 'suspension_rear_06'

Pižeň 2012

15

Rider_Template

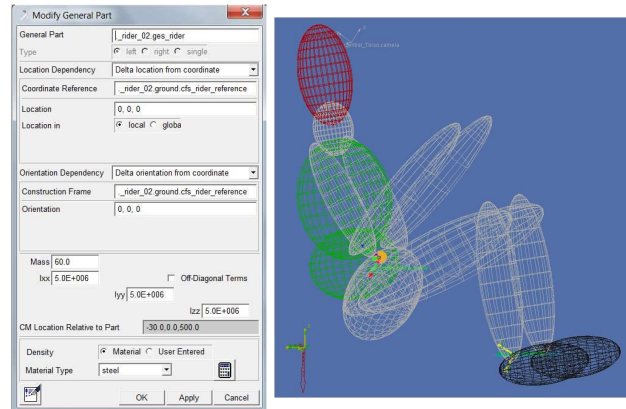
Template name:
_rider_02
Major Role:
rider



Pižeň 2012

16

Rider_Template



Piżeń 2012

17

Rider_Template

• Hardpoints summary:

The hardpoint:

hps_rider_position

Is used for:

rider model origin for both geometry and general part

• Parts summary:

The part:

ges_rider

mts_rider_to_frame

Is of type:

general part

mount part

Remarks:

rider part holding mass and inerpr

mount part hooking the frame part

• Communicators summary:

The communicator:

cis_rider_to_frame

cis_std_tire_ref_location

Belongs to :

mount

location

Role:

inherit

any

Has the matching:

rider_to_frame

std_tire_ref_location

Piżeń 2012

18

Wheel_Template

Template name:

._tire_test

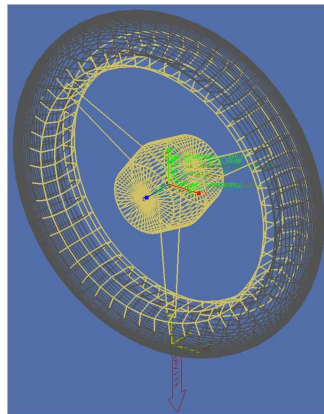
Major Role:

Wheel

Files referenced:

mdids://motorcycle_shar
ed/tires.tbl/

pac_mc_120_70R12.tir
pac_mc_120_70R17.tir
pac_mc_130_70R12.tir
pac_mc_180_55R17.tir



Piżeń 2012

19

Wheel_Template

• Communicators

Listing of input communicators in '_tire_test'			
Communicator Name:	Entity Class:	From Minor Role:	Matching Name:
<i>cis_std_tire_ref_location</i>	location	any	<i>std_tire_ref_location</i>
<i>cis_suspension_mount</i>	mount	inherit	<i>suspension_mount</i>
<i>cis_wheel_center</i>	location	inherit	<i>wheel_center</i>
3 input communicators were found in '_tire_test'			
Listing of output communicators in '_tire_test'			
Communicator Name:	Entity Class:	To Minor Role:	Matching Name:
<i>co[1]_double_rotor_to_wheel</i>	mount	inherit	<i>rotor_to_wheel</i>
<i>coe_rotor_to_wheel</i>	mount	inherit	<i>rotor_to_wheel</i>
<i>coe_tire_force</i>	force	inherit	<i>tire_force</i>
<i>coe_tire_radius</i>	parameter_real	inherit	<i>tire_radius</i>
5 output communicators were found in '_tire_test'			

Piżeń 2012

20

Brake_Template

• Parameter Variable

Parameter Variable Modification Table

	real_value	remarks
phs_brake_pressure_max	0.1	"maximum pressure generated in the brake system when a full brake demand is requested"
phs_front_rotor_width	25.0	"geometrical thickness of the front disk rotor"
phs_rear_rotor_width	25.0	"geometrical thickness of the rear disk rotor"
psv_front_brake_bias	0.75	"brake demand splitting (0 means only rear - 1 means only front)"
psv_front_brake_disk_th	10.0	"geometrical thickness of the front disk"
psv_front_brake_mu	0.4	"pad to disk friction coefficient for the front axle"
psv_front_effective_piston_radius	135.0	"caliper equivalent radius (distance at which the brake tangential force is applied)"
psv_front_piston_area	2500.0	"front caliper piston area used to compute the brake device normal force"
psv_rear_brake_disk_th	10E-002	"geometrical thickness of the rear disk"
psv_rear_brake_mu	0.4	"pad to disk friction coefficient for the rear axle"
psv_rear_effective_piston_radius	120.0	"caliper equivalent radius (distance at which the brake tangential force is applied)"
psv_rear_piston_area	2500.0	"rear caliper piston area used to compute the brake device normal force"

Display: Single and ☐ Left ☐ Right ☒ Both

Value Type: ☒ Real ☐ Integer ☐ String

Name Filter: *

OK Apply Cancel

Pižeň 2012

25

Brake_Template

• Communicators

Listing of input communicators in 'brake_system'

Communicator Name:	Entity Class:	From Minor Role:	Matching Name:
ci[1r]_brake_disk_loc	location	front	brake_disk_loc
ci[1r]_brake_disk_ori	orientation	front	brake_disk_ori
ci[1r]_caliper_to_susp	mount	front	caliper_to_susp
ci[1r]_front_rotor_to_wheel	mount	front	rotor_to_wheel
ci[1r]_wheel_center	location	inherit	wheel_center
cis_brake_demand	solver_variable	front	brake_demand
cis_rear_brake_demand	solver_variable	rear	brake_demand
cis_rear_brake_disk_loc	location	rear	brake_disk_loc
cis_rear_brake_disk_ori	orientation	rear	brake_disk_ori
cis_rear_caliper_to_susp	mount	rear	caliper_to_susp
cis_rear_rotor_to_wheel	mount	rear	rotor_to_wheel
cis_rear_whl_center	location	rear	wheel_center
cis_std_tire_ref_location	location	any	std_tire_ref_location

18 input communicators were found in 'brake_system'

Listing of output communicators in 'brake_system'

Communicator Name:	Entity Class:	To Minor Role:	Matching Name:
cos_front_brake_bias	parameter_real	inherit	front_brake_bias
cos_max_brake_torque_front	parameter_real	front	max_brake_torque_front
cos_max_brake_torque_rear	parameter_real	rear	max_brake_torque_rear

3 output communicators were found in 'brake_system'

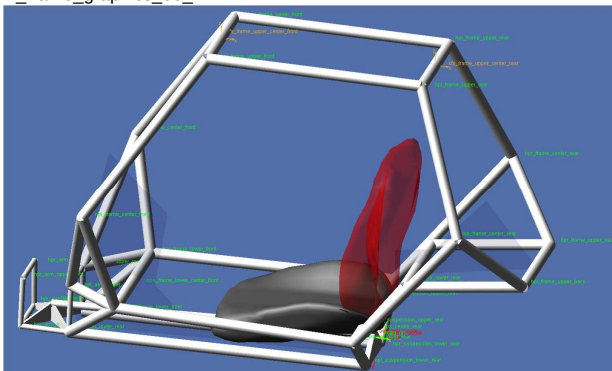
Pižeň 2012

26

Body_Template

Template name:
_frame_graphics_06_v2

Major Role:
body_graphics



Pižeň 2012

27

Subsystem

- Vytvoření všech potřebných subsystems na základě vlastních šablon
 - Možnost editace polohy vůči souřadnému systému vozidlo
 - Možnost editace Parameter Variable

New Subsystem

Subsystem Name: suspension_front_17

Minor Role: front

Template Name: |mdids://ITW_vehicle_3/templates/tbl/s

☒ Translate from default position

Fore Translation: 1200

Up Translation: 0

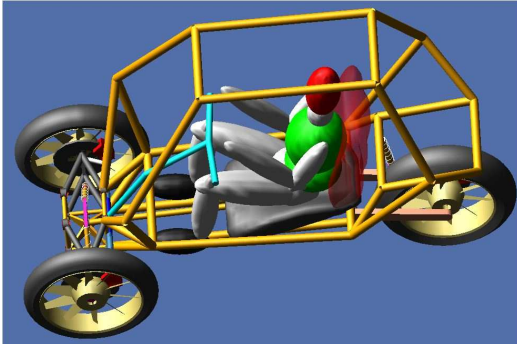
OK Apply Cancel

Pižeň 2012

28

Full-Vehicle Assembly

- Sestavení softwarového modelu kompletního vozidla z vytvořených Subsystems

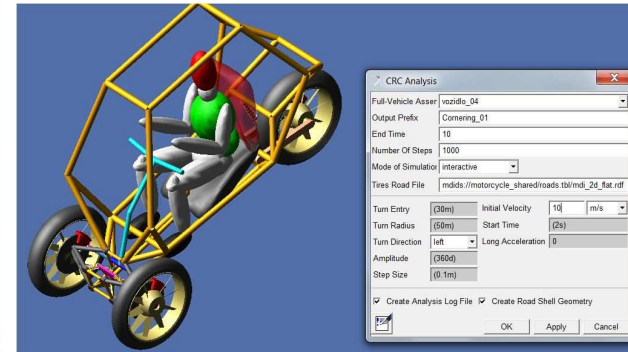


Pižeň 2012

29

První simulace

- Constant Radius Cornering



Pižeň 2012

30

Použitá literatura

- 1) VI-grade; Help on VI-MotorCycle, 2010 VI-grade engineering software & services
- 2) MSC.Software; Adams/Car Help, MD Adams 2010 Products
- 3) AMATI, N.; Festini, A.; Porrati, A.; Tonoli, A.: VI –Motorcycle Modeling - Dynamics in Three Tilting Wheels Vehicles, 2ndVI-Grade User's Conference November 4th-5th Udine -Italy
- 4) KARAMAM, M. V.; CHATTERJEE A.: Some procedural details of analysis using ADAMS- Motorcycle. December 2008

Pižeň 2012

31



Poděkování

Tento projekt je spolufinancován
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

v rámci projektu č. CZ.1.07/2.3.00/09.0086

Podpora VaV a vzdělávání pro VaV
v oblasti mechatroniky silničních vozidel

CÍL PRÁCE

- Cíl práce a motivace



Plzeň 2012

33